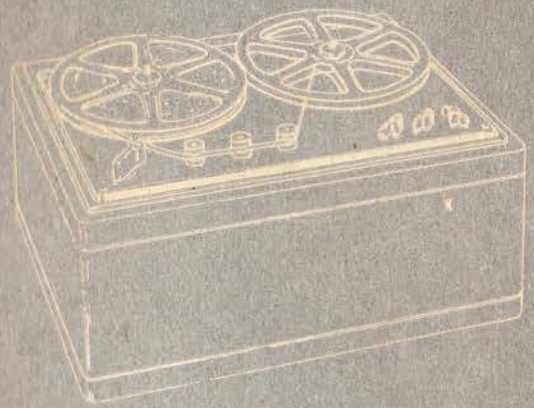
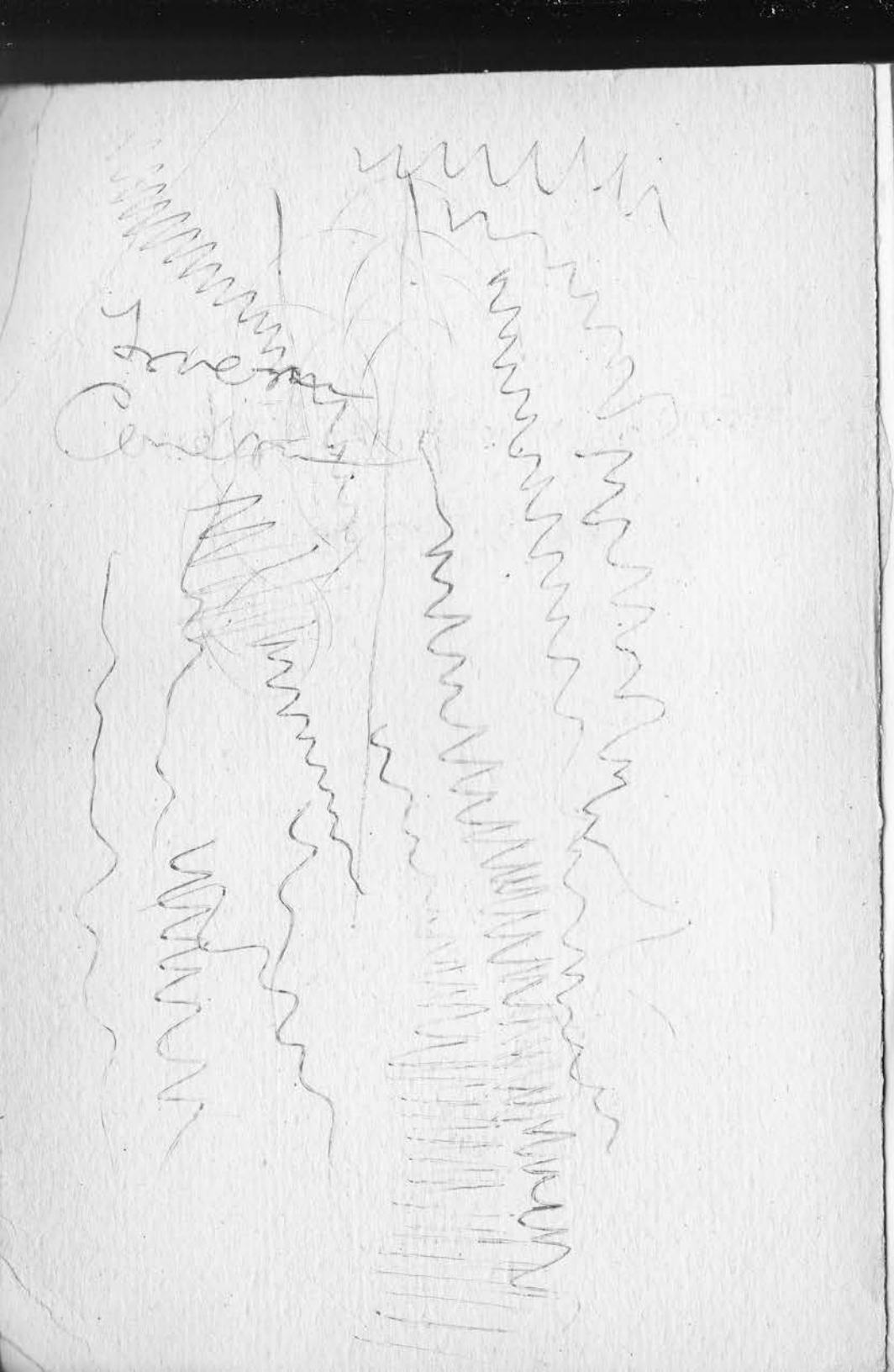
Lei 6.85

SILVESTRU P. * ALPER M.

ÎNREGISTRAREA MAGNETICĂ ȘI MAGNETOFONUL



EDITURA TEHNICĂ



Ing. SILVESTRU P. ⋆ ALPER M.

INREGISTRAREA MAGNETICĂ
ȘI
MAGNETOFONUL

EDITURA TEHNICĂ
BUCUREȘTI — 1956

PREFAȚA

Dintre toate metodele de înregistrare a sunetului folosite în ultimul deceniu, cea mai economică și mai comodă este metoda magnetică, cu ajutorul căreia se pot obține cei mai ridicați indici calitativi ai înregistrării.

Din această cauză, magnetofonul este foarte răspîndit în diverse domenii de activitate. Printre altele el permite realizarea unui larg schimb de programe artistice și muzicale între țări și constituie, deci, un excelent mijloc de strîngere a legăturilor culturale dintre popoare, aducînd astfel o însemnată contribuție la lupta pentru pace.

În țara noastră, magnetofonul este utilizat în special în radiodifuziune și în cinematografie.

Acest fapt, ca și interesul mare pe care l-a stîrnit înregistrarea magnetică a sunetului în rîndurile tehnicienilor și amatorilor a creat necesitatea editării unei lucrări care să facă cunoscute unui cerc larg de cititori principiile și fenomenele înregistrării magnetice.

Pentru ca lucrarea să corespundă acestei necesități, autorii și-au propus să expună principiile de bază ale înregistrării magnetice și să descrie părțile componente ale magnetofoanelor, insistînd mai ales asupra problemelor care se ivesc în exploatarea instalațiilor de înregistrare magnetică.

Autorii nu au pretenția de a fi cuprins toate problemele înregistrării magnetice a sunetului, cu atît mai mult cu cît acesta este un domeniu relativ nou al tehnicii. De aceea, autorii roagă pe toți aceia care consideră că pot contribui la îmbunătățirea lucrării, să-și comunice observațiile pe adresa „Editura Tehnică" — București Str. Beldiman nr. 2, raionul V. I. Lenin.

Pe această cale, autorii mulțumesc conducerii Direcției Tehnice din Direcția Generală a Radiodifuziunii pentru materialul bibliografic pus la dispoziție, tovarășilor Macovei M., Rones A., Kinsky Șt., cum și celorlalți colegi — tehnicieni și ingineri — care i-au ajutat la pregătirea materialului necesar.

Totodată autorii mulțumesc tovarășului ing. Szörenyi Gh. pentru competența cu care a verificat întreaga lucrare.

Autorii

INTRODUCERE

Înregistrarea magnetică a sunetului a fost propusă și realizată pentru prima oară de fizicianul danez Valdemar Poulsen în anul 1898. Aparatul construit de el, numit „Telegrafon", consta dintr-un cilindru mare de bronz pe care era înfășurat în spirală un fir de oțel. Pe acest fir se deplasa un mic electromagnet care putea fi pus în legătură, după necesitate cu : un microfon, o cască sau o sursă de curent (rețeaua de curent continuu) (fig. 1). Astfel electromagnetul putea să devină succesiv : cap de înregistrare, cap de redare sau cap de ștergere. Electromagnetul era montat pe un cadran deplasabil pe verticală ; la înregistrare, tamburul stătea pe loc și în jurul lui se rotea cadrul care conținea capul de înregistrare. Mai tîrziu, în 1903, Poulsen și-a perfecționat aparatul introducînd o polarizare cu curent continuu, ceea ce a îmbunătățit calitatea sunetului redat.

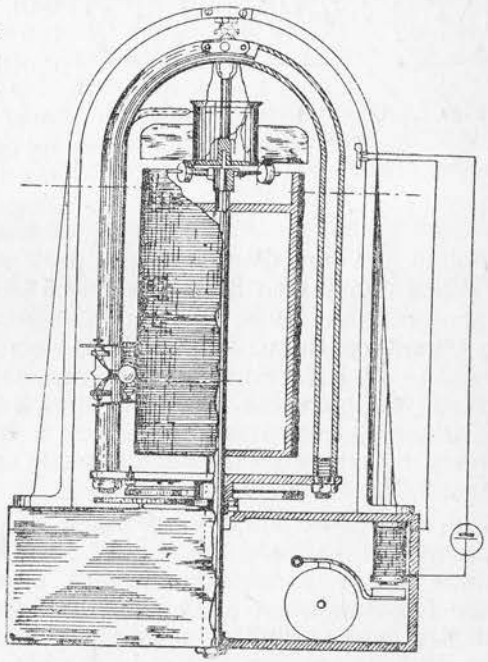


Fig. 1. Telegrafonul.

Totuși, datorită faptului că pe atunci tehnica electronică nu era încă cunoscută, „Telegrafonul" avea o utilizare limitată. În adevăr, el nu putea fi utilizat decît pentru înregistrarea vorbei, iar ascultarea se făcea în cască. E interesant de ară-

tat că Poulsen a realizat și un aparat care servea ca „ziar telefonic" bazat pe „principiul telegrafonului". Aparatul folosea ca purtător o bandă de oțel care se deplasa în circuit închis, cu o viteză de 16—20 m/s. Banda trecea prin fața unui cap de înregistrare, apoi prin fața a mai multe capete de redare conectate la căștile telefonice ale abonaților și, în sfîrșit, prin fața unui cap de ștergere. Prin acest sistem, un text citit la microfon putea ajunge la mai mulți abonați (fig. 2).

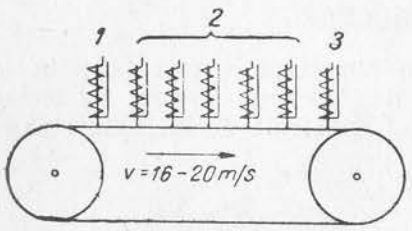


Fig. 2. „Ziarul telefonic" construit de Poulsen:
1 — cap de înregistrare; *2* — capete de redare; *3* — cap de ștergere.

În anul 1900, Mix și Genest realizează un aparat de înregistrare magnetică a sunetului asemănător unui fonograf, care folosea ca purtător un fir de oțel de 100 m lungime și 1 mm diametru, înfășurat pe un tambur. Acesta din urmă se învîrtea cu 2 m/s, astfel că se putea realiza o înregistrare de numai 50 s. Aparatul folosea polarizarea și ștergerea cu curent continuu. În anul 1903 se realizează un aparat care folosea ca purtător magnetic o coroană de oțel de 130 mm diametru. Înregistrarea se făcea în spirală, de la periferie spre centru, astfel că viteza unghiulară a coroanei creștea automat, pentru ca viteza periferică a capului de înregistrare să rămînă constantă.

Timp de 20 ani, înregistrarea magnetică a sunetului este aproape dată uitării. După anul 1920, inventarea tubului electronic a dat un puternic impuls de dezvoltare și aparatelor care foloseau acest sistem de înregistrare a sunetului, întrucît s-a ivit posibilitatea amplificării semnalelor înregistrate.

În 1921, pentru prima dată, sovieticul Nazarisvili încearcă să utilizeze ca purtător o bandă de hîrtie pe care a fost depus un strat de nichel, similar cu unele tipuri de benzi de azi.

De asemenea, tot el a avut ideea să magnetizeze șinele de cale ferată cu anumite semnale de atenție, ș.a. Pe calea ferată Kutais-Tkvibula s-au făcut în anul 1920 experiențe obținîndu-se rezultate satisfăcătoare, folosind această metodă.

Tot în acea vreme, tehnicianul german K. Stille realizează un aparat perfecționat ulterior de Blattner și denumit „Blattnerfon" care utilizează amplificatoare cu tuburi electronice. Aparatul a fost utilizat pentru sonorizarea filmelor. Dar, întrucît se utiliza metoda înregistrării optice a sunetului pentru filme, Blattnerfonul, nu a mai fost utilizat. Totuși Stille a lucrat la perfecționarea aparatului său introducînd corecții la înregistrare și la redare pentru a obține o îmbunătățire a caracteristicii de frecvență. Un defect mare al aparatului său era însă viteza mare a purtătorului (1,2-1,5 m/s). Pentru a înregistra 30 minute de text, erau necesari 2700 m de bandă de oțel, ceea ce constituia o greutate importantă.

În 1921, Carlson și Carpenter au propus o metodă de polarizare cu curent alternativ în „înaltă frecvență" prin care s-a putut micșora mult zgomotul de fond și distorsiunile, dar metoda nu a avut o aplicație practică imediată.

Între anii 1925—1935 înregistrarea magnetică a sunetului se dezvoltă foarte lent. În această perioadă s-au fabricat instalații cu bandă de oțel care aveau o caracteristică de frecvență liniară între 50-4 000 Hz, cu un nivel al zgomotului de fond de -30 db.

Cercetări și lucrări interesante în domeniul înregistrării magnetice a sunetului au fost făcute, între anii 1929—1932, de savanții sovietici E. M. Goldovski, V. K. Viktorski (pe sîrmă de oțel) și S. N. Rievkin (pe bandă de oțel).

După Nazarisvili, germanul Pfleumer a fost acela care în 1927 a pus bazele benzii de magnetofon de azi. El a utilizat o bandă de hîrtie acoperită cu un strat de material magnetic pulverizat. Mai tîrziu, s-a început fabricarea benzilor de magnetofon din materiale plastice (acetilceluloză) acoperite cu un strat de oxid de fier pulverizat.

Avantajul benzilor cu suport din hîrtie sau material plastic, față de cele din oțel, constă în faptul că primele sînt mult mai ușoare, ocupă un volum mai mic și pot fi tăiate și lipite; cu o pulbere foarte fină și caracteristici magnetice potrivite, se poate înregistra o bandă largă de frecvențe la o viteză mică de deplasare a purtătorului de sunet.

În anul 1930, italianul Lignori a propus pentru prima oară utilizarea capului magnetic de formă inelară (toroidal).

În anul 1931 se realizează în Germania un aparat perfecționat de înregistrare magnetică a sunetului, denumit „Magnetofon", care utilizează noul tip de bandă magnetică; el este prevăzut cu amplificatoare și circuite de corecție, însă polarizarea se face tot cu curent continuu. Inițial acest aparat servea pentru înregistrarea dictărilor, dar ulte-

rior (în timpul războiului) el a fost utilizat cu succes și în radiodifuziune.

O cotitură în dezvoltarea înregistrării magnetice a sunetului o constituie introducerea curenților de înaltă frecvență pentru polarizare și ștergere, în anul 1941, de către Camras și Woolridge în S.U.A. și de Braunmühl și Weber în Germania. Cu ajutorul acestei metode, se micșorează mult

Fig. 3 Magnetofonul modern:
a — bloc de capete; *b* — butoane de comandă; *c* — rulou cu bandă; *d* — platou; *e* — indicator al timpului de înregistrare, *f* — indicator de nivel.

zgomotul de fond și deci se mărește dinamica înregistrării; înregistrarea magnetică devine o metodă excelentă de înregistrare a sunetului; aparatul construit pe acest principiu — magnetofonul modern de azi — (fig. 3.) — poate înregistra frecvențe cuprinse între 30 și 15 000 Hz, cu distorsiuni de frecvență de — 1 db, cu o dinamică de 60 db și cu un coeficient de distorsiuni de neliniaritate de numai 2 % la 1 000 Hz.

În ultimul timp s-au adus îmbunătățiri importante magnetofoanelor, atît în privința calității cît și în ceea ce privește dimensiunile, greutatea și viteza de deplasare a purtătorului, care au fost reduse la minimum. Există astăzi magnetofoane cu o viteză de deplasare a benzii de numai 4,5 cm/s.

Utilizarea pe scară mare a magnetofoanelor, în diferite domenii ale economiei naționale, se datorește unui număr remarcabil de calități, enumerate mai jos:

1. — Calitatea bună a înregistrării din punct de vedere al benzii de frecvență, al distorsiunilor de neliniaritate și al nivelului zgomotului de fond.

2. — Durata mare a unei înregistrări continue (pînă la cîteva ore, chiar).

3. — Deservirea simplă a magnetofoanelor și siguranța lor în exploatare.

4. — Posibilitatea de a tăia și de a îmbina banda, fără ca îmbinarea benzii să influențeze calitatea înregistrării.

5. — Înregistrarea poate fi redată imediat, fără nici un proces tehnologic prealabil, ceea ce permite controlul calității chiar în timpul înregistrării.

6. — Înregistrarea poate fi ștearsă, după care același purtător de sunet poate fi utilizat pentru noi înregistrări.

7. — Calitatea înregistrării se păstrează la un mare număr de redări, limitat numai de durabilitatea mecanică a purtătorului.

8. — Instalațiile folosite pentru înregistrare și redare nu sînt sensibile la șocuri, sînt ușor transportabile și pot fi utilizate în orice loc (automobil, avion etc.).

9. — Instalațiile de înregistrare și redare au un cost relativ redus.

Totuși înregistrarea magnetică a sunetului are și anumite dezavantaje. Printre acestea menționăm:

1. — Multiplicarea înregistrării făcute pe purtătoare magnetice este mai dificilă decît cea a înregistrărilor mecanice, făcute pe discuri.

2. — Stabilitatea redusă a caracteristicilor mecanice (de elasticitate) ale benzii. Banda se întinde, dimensiunile ei modificîndu-se sub influența umidității și a temperaturii, ceea ce provoacă distorsiuni la redare.

3. — Reluarea unor anumite pasaje înregistrate, necesită operații cu o durată relativ mare.

În capitolul XI vor fi descrise detaliat cele mai importante aplicații ale magnetofonului.

CAPITOLUL I

NOȚIUNI DE ACUSTICĂ

Pentru a înțelege mai bine fenomenele care au loc în procesele de înregistrare și redare magnetică, este necesar să se reamintească cîteva noțiuni de acustică.

1. PROPRIETĂȚILE FIZICE ȘI FIZIOLOGICE ALE SUNETULUI

a) Mișcarea vibratorie

Termenul „sunet" este utilizat de obicei pentru două fenomene diferite : fenomenul fizic propriu-zis, care constă în mișcarea moleculelor unui mediu elastic, și fenomenul fiziologic, percepția sonoră, care este de fapt o consecință a transformării fenomenului fizic în senzație ; această transformare are loc în ureche și este supusă unor legi foarte interesante, care vor forma obiectul paragrafelor următoare.

Din punct de vedere fizic, sunetul este o vibrație, adică o mișcare oscilatorie (periodică) a moleculelor anumitor medii. Prin mișcare periodică se înțelege o mișcare care se repetă la intervale egale de timp ; durata efectuării complete a mișcării, între care punctul material ia aceleași valori, poartă numele de perioadă și se notează cu T ; după trecerea acestei perioade, mișcarea se repetă. Deci, după trecerea unei perioade, punctul material M recapătă mereu aceleași proprietăți, adică aceeași poziție, viteză și accelerație (fig. I-1a). Deoarece punctul se mișcă de o parte și de alta a unei poziții centrale (pe care o vom considera originea axelor de coordonate), mișcarea se numește alternativă.

Trecem acum la studiul mișcării vibratorii mai sus definite.

Cea mai simplă mișcare vibratorie poate fi exprimată prin relația :

$$y = A \sin \alpha = A \sin (\omega t - \varphi) = A \sin \left(\frac{2\pi}{T} t - \varphi \right)$$

în care :

A este amplitudinea mișcării ;

$\omega = \frac{2\pi}{T}$ — pulsația ;

$\frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$ — frecvența ;

α — faza mișcării ;

φ — faza inițială.

Dacă $\varphi = 0$ mișcarea se reprezintă grafic printr-o curbă sinusoidală care începe din originea axelor de coordonate (fig. *I*-1*a*).

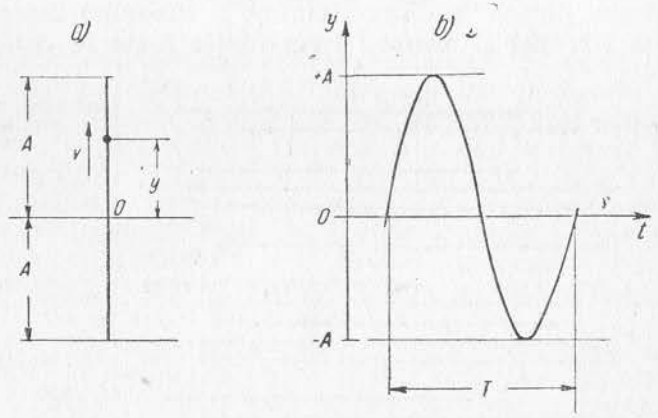


Fig. I - 1. Mișcare vibratorie sinusoidală și curba care o reprezintă.

Vibrațiile unui corp se transmit mediului înconjurător, ale cărui particule sînt astfel puse în mișcare ; dacă vibrația este longitudinală, adică direcția mișcării moleculei coincide cu direcția de propagare, apar astfel comprimări și destinderi succesive ale mediului elastic considerat.

Viteza V, cu care se transmite mișcarea, se numește viteza de propagare. Aceasta depinde de natura mediului în care are loc propagarea și de temperatura acestui mediu.

Pentru aer $V_{15^\circ} = 340$ m/s, valoare folosită în calculele practice.

Distanța minimă λ dintre două puncte ale mediului, care se mișcă „în fază", se numește lungime de undă. Se spune că două puncte sînt în fază, cînd se mișcă împreună (ajung în același moment la un maximum de comprimare sau la un maximum de destindere. Din această definiție se poate deduce că $\lambda = V.T$).

Dacă aceste vibrații ale corpurilor materiale satisfac anumite condiții cu privire la frecvență, intensitate și durată, ele provoacă, ajungînd la urechea noastră, o senzație sonoră.

Creierul omenesc distinge diferitele sunete datorită anumitor însușiri caracteristice ale acestora, care se traduc fiziologic prin înălțime, intensitate și timbru.

b) Înălțimea sunetului

Senzația de înălțime sau ascuțime a sunetului depinde de frecvența vibrației și anume : frecvențelor joase le corespund

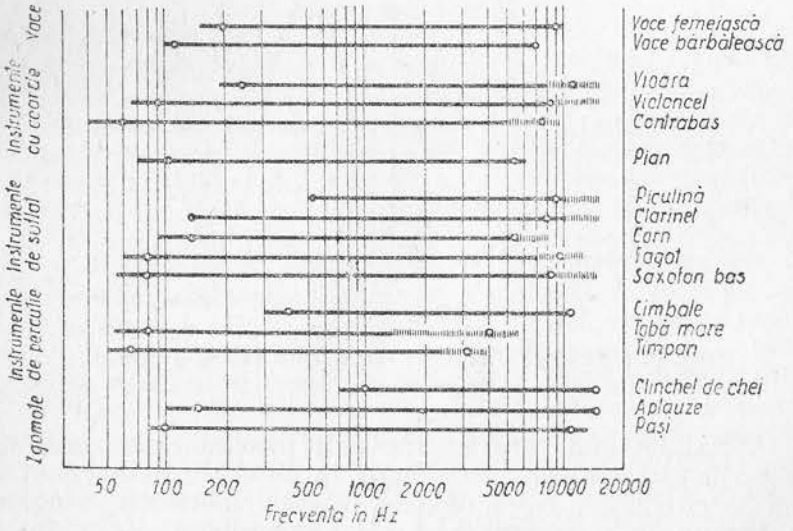


Fig. I - 2. Benzile de frecvență acoperite de instrumentele muzicale.

sunete joase (grave), iar frecvențelor înalte le corespund sunete înalte (ascuțite).

Înălțimea unui sunet se exprimă numeric prin frecvența vibrației care îl produce și care se măsoară în Hz.

Nu orice vibrație produce o senzație auditivă. Frecvențele vibrațiilor care se pot auzi sînt cuprinse între 16 și 20 000 Hz, vibrațiile, a căror frecvență se găsește în această bandă, se numesc vibrații sonore.

Prin schimbarea frecvenței, înălțimea sunetelor se schimbă. Senzația subiectivă de „distanță" între sunete de înălțimi diferite, adică de interval, depinde numai de raportul frecvențelor sunetelor considerate. Intervalul a două sunete al căror raport de frecvență este 2 — se numește *octavă*,

Banda de frecvențe a vocii omenești este cuprinsă între 60 și 12 000 Hz.

Sunetele produse de instrumente muzicale acoperă benzi diferite, după natura instrumentului, așa cum se arată în fig. I-2.

c) Intensitatea sunetului

Intensitatea percepției sonore subiective variază în funcție de energia sonoră fizică, după legi destul de complicate. Din această cauză, trebuie să se precizeze totdeauna dacă termenul de „intensitate" se referă la procesul fizic sau la cel fiziologic.

Intensitatea sonoră obiectivă J_o este cantitatea de energie sonoră care străbate, în unitatea de timp, unitatea de suprafață perpendiculară pe direcția propagării sunetului. Unitatea de măsură a intensității sonore este W/m² în sistemul M.K.S. și erg/s.cm² în sistemul C.G.S.

Pentru a exprima intensitatea unui sunet care se propagă într-un mediu cu caracteristici cunoscute (de exemplu aerul) putem folosi și o altă mărime, și anume presiunea sonoră p, adică suprapresiunea față de regimul inițial, produsă de unda sonoră. Intensitatea sonoră este proporțională cu pătratul presiunii sonore. Aceasta din urmă se măsoară în barye : 1 barye = 1 dyn/cm² (C.G.S.).

Unitatea M.K.S. este 1 $\frac{N}{m^2} = 10$ barye.

Senzația de auz produsă de o undă sonoră se caracterizează prin intensitatea subiectivă J_s care este de fapt criteriul subiectiv de apreciere a intensității sunetelor.

Nu orice intensitate a vibrației sonore poate fi percepută de ureche. Limita inferioară a intensității sonore ce

poate provoca senzația de sunet se numește prag de audibilitate. Acesta depinde de frecvența sunetului. Prin experiențe s-a constatat că sensibilitatea urechii este maximă pentru frecvențe cuprinse între 800 și 4 000 Hz — și scade la frecvențe joase și la cele înalte. La frecvența de 1 000 Hz, care se ia ca referință pentru măsurări acustice, intensitatea sonoră minimă audibilă este $J_r = 10^{-16}$ W/m², și corespunde unei presiuni $p_r = 2 \cdot 10^{-4}$ barye.

Dacă se mărește treptat intensitatea sunetului, la o anumită valoare, se obține o senzație de durere. Această valoare a intensității sonore se numește prag de durere și depinde de asemenea de frecvență. Între cele două limite se găsește domeniul percepției auditive.

În practică nu se obișnuiește să se indice valoarea absolută a intensităților sonore obiective J_o sau subiective J_s, ci se indică valori relative, numite niveluri de intensitate obiectivă, N_o, respectiv subiectivă N_s. Aceste valori sînt de fapt, după cum se va vedea mai departe, niște rapoarte, exprimate cu ajutorul logaritmilor. Unitatea folosită pentru nivelul de intensitate obiectivă este belul. Nivelul N_o se determină deci conform relației :

$$N_o = \log \frac{J_o}{J_p} = 2 \log \frac{p_o}{p_r} \text{ [bel]}$$

în care J_r este intensitatea obiectivă de referință, iar p_r — presiunea sonoră ; s-a ales în mod convențional, ca intensitate de referință, pragul de audibilitate de 1000 Hz. J_o este intensitatea sonoră care se măsoară. În practică, belul fiind o unitate mult prea mare, se utilizează decibelul, un submultiplu al belului.

$$1 \text{ bel} = 10 \text{ decibeli}$$

În decibeli, nivelul de intensitate sonoră se exprimă astfel :

$$N_{o\,\text{db}} = 10 \log \frac{J_o}{J_r} \cdot$$

Folosirea acestor unități pentru măsurarea nivelurilor sonore este justificată practic prin obținerea unor valori mai simple (de la 0 la 130 db) față de cele liniare (10^{-9} — 10^{4} erg/s · cm²) și, în același timp, printr-o apropiere de anumite proprietăți ale urechii.

Unitățile relative pot fi întrebuințate ori de cîte ori este necesară exprimarea unui raport ; în cazul cînd se exprimă raportul a două energii W sau a două puteri P, numărul de db este dat de relația :

$$A_{\text{db}} = 10 \log \frac{W}{W_r} = 10 \log \frac{P^*}{P_r} \cdot$$

În cazul unui raport de curenți I, tensiuni E, viteze V, sau presiuni p, numărul de decibeli este dat de relația :

$$A_{\text{db}} = 20 \log \frac{I}{I_r} = 20 \log \frac{E}{E_r} = 20 \log \frac{V}{V_r} = 20 \log \frac{P^*}{P_r}$$

Diferența de coeficienți dintre cele două grupe de formule este dictată de necesitatea de a obține aceeași măsură (același număr de decibeli) pentru un același fenomen, indiferent de mărimea cu care se lucrează. În adevăr, dacă luăm ca exemplu relația puterii disipate P de un curent I care circulă într-o rezistență R, vom avea, conform relației cunoscute

$$P = RI^2 \quad \text{și} \quad P_r = RI_r^2 \cdot$$

Deci

$$10 \log \frac{P}{P_r} = 10 \log \frac{RI^2}{RI_r^2} = 10 \log \frac{I^2}{I_r^2} = 20 \log \frac{I}{I_r} \cdot$$

Dacă valoarea de referință (I_r, V_r, P_r) este mai mare decît valoarea care se măsoară (I, V, P), numărul de decibeli va fi negativ, iar dacă este mai mică, va fi pozitiv. Pentru ușurința calculului se dau cîteva valori uzuale ale relațiilor :

$$A_{\text{db}} = 20 \log \frac{I}{I_r} ; \quad A_{\text{db}} = 10 \log \frac{P}{P_r} \cdot$$

Deoarece intensitatea subiectivă nu depinde numai de intensitatea obiectivă ci și de frecvența sunetului, s-a adoptat pentru intensitatea subiectivă o unitate diferită de cea a intensității obiective ; această nouă unitate este *fonul*. Valoarea intensității subiective a unui sunet de 1 000 Hz, în foni, este prin definiție egală cu numărul de decibeli al intensității obiective a sunetului. Pentru alte frecvențe, se compară, prin

*) S-au notat cu indicele „*r*" valorile de referință.

Tabela I - 1

A_{db}	De cîte ori mărimea de măsurat (I) este mai mică sau mai mare decît cea de referință (I_r)	De cîte ori mărimea de măsurat (P) este mai mică sau mai mare decît cea de referință (P_r)
−6	de 2 ori mai mică	de 4 ori mai mică
−3	de 1,41 ori mai mică	de 2 ori mai mică
−2	de 1,26 ori mai mică	de 1,58 ori mai mică
−1	de 1,12 ori mai mică	de 1,26 ori mai mică
0	valori egale	valori egale
1	de 1,12 ori mai mare	de 1,26 ori mai mare
2	de 1,26 ori mai mare	de 1,58 ori mai mare
3	de 1,41 ori mai mare	de 2 ori mai mare
6	de 2 ori mai mare	de 4 ori mai mare
10	de 3,16 ori mai mare	de 10 ori mai mare
20	de 10 ori mai mare	de 100 ori mai mare
40	de 100 ori mai mare	de 100 000 ori mai mare
60	de 1 000 ori mai mare	de 1 000 000 ori mai mare

metode subiective statistice, intensitatea senzației produsă de sunetul respectiv (de exemplu de 400 Hz) cu intensitatea unui

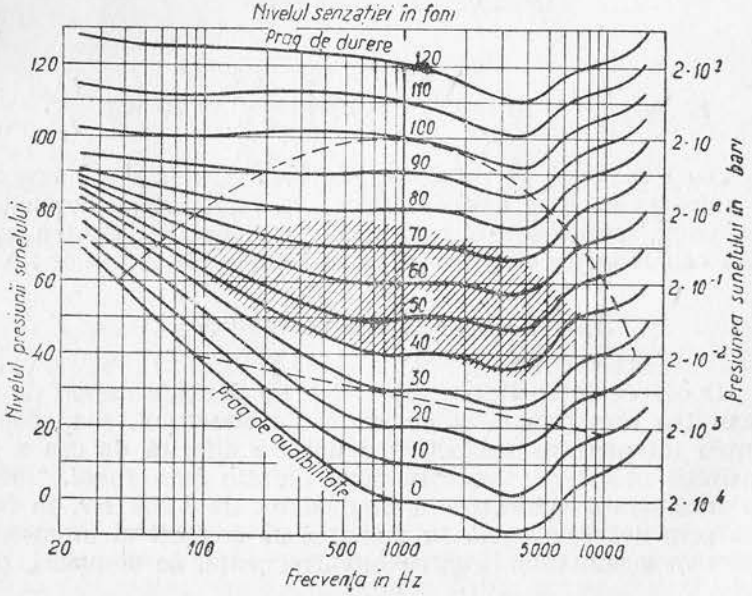


Fig. I - 3. Curbe de egală intensitate subiectivă.

sunet de 1 000 Hz : la intensități egale ale senzației, sunetele au aceeași intensitate subiectivă, deci același număr de foni.

În fig. 1-3 este reprezentată variația nivelului intensității obiective necesare pentru a obține, la diferite frecvențe, același nivel al intensității subiective. Prin interpolare se poate obține nivelul de intensitate subiectivă al oricărui sunet de intensitate obiectivă și frecvență dată.

d) Timbrul sunetului

Între mai multe sunete de aceeași înălțime și intensitate există o deosebire calitativă, atunci cînd sînt produse de surse diferite. Această calitate a sunetelor se numește timbru. Dacă reprezentăm, în funcție de timp, presiunea cauzată de un sunet produs de un instrument, vom obține o curbă periodică dar nesinusoidală. Un astfel de sunet se numește complex ; se poate considera că un sunet complex provine din suprapunerea mai multor vibrații sinusoidale denumite sunete simple, ale căror frecvențe îndeplinesc condiția $fn = nf_1$ (în care n este un număr întreg) și ale căror amplitudini, în general, diferă mult.

Sunetul cu frecvența cea mai joasă f_1, se numește sunet fundamental și el are de obicei amplitudinea cea mai mare.

Sunetele componente cu frecvențe mai mari decît cea a sunetului fundamental se numesc armonici superioare. Fiecare sursă produce un anumit număr de armonici, care îi sînt caracteristice. Numărul, frecvența și amplitudinile armonicilor superioare determină timbrul și permite deosebirea sunetelor de aceeași înălțime și intensitate, produse de surse diferite.

2. CITEVA PROBLEME DE TRANSMISIE A SUNETELOR

Scopul instalațiilor de înregistrare și de redare este reproducerea cît mai fidelă a sunetelor originale. Pentru realizarea acestui scop trebuie să se țină seama de o serie de condiții subiective și obiective.

a) Audiția stereofonică

La o audiție directă se poate identifica direcția diferitelor unde sonore, prin perceperea biaurală (cu ajutorul ambe-

lor urechi) a sunetului, obținînd în acest fel relieful sonor al sursei. La sistemele de înregistrare, microfoanele care captează sunetele sînt în general legate la un singur canal electroacustic, echivalent deci cu o audiție monoaurală (cu o singură ureche). În acest caz, reproducerea nu va avea relief sonor, pierzînd din calitate.

Prin redare stereofonică se înțelege redarea care reușește, cu ajutorul anumitor mijloace tehnice, să creeze impresia de „relief" sau „spațiu" sonor.

Încercările de a realiza o redare stereofonică naturală au condus la sisteme cu două canale electroacustice complete, corespunzătoare celor două urechi ; apare însă dezavantajul necesității unui aparataj dublu față de cele cu un singur canal.

b) Respectarea nivelurilor originale

Din curbele de egală intensitate subiectivă (fig. I-3) rezultă că redarea la un nivel sonor diferit de cel la care s-a făcut înregistrarea, va duce la deformarea percepției programului transmis, prin favorizarea sau defavorizarea unei părți a spectrului. Datorită acestui fapt, un sunet complex cu un nivel original de 70 foni, redat la un nivel de 40 foni, va fi perceput ca și cum frecvențele joase ar fi atenuate, deoarece sensibilitatea urechii la frecvențele joase scade foarte repede dacă se micșorează nivelul de intensitate obiectivă.

c) Distorsiuni de frecvență

Așa cum s-a arătat, frecvențele sunetelor sînt cuprinse în banda de 16—20 000 Hz. Sistemele de înregistrare și de redare, capabile să redea sunete ale căror frecvențe sînt cuprinse între 16 și 20 000 Hz, sînt considerate perfecte din acest punct de vedere. Dacă această condiție nu este îndeplinită, se spune că apar „distorsiuni de frecvență". Pentru multe aplicații însă, această bandă de frecvențe este mult prea mare. Astfel banda 70—6 000 Hz, cuprinde sunetele fundamentale ale oricărui instrument muzical și ale vocii omenești ; pentru a reda armonicile instrumentelor unei orchestre, este nevoie de redarea unui spectru mai întins, ale cărui limite depind de pretențiile de calitate ale ascultătorului.

Pentru un telefon, care este destinat să redea numai vorba, banda se limitează între 200 și 3 000 Hz. În banda amintită, sistemul trebuie să mențină raportul original al amplitudinilor componentelor de diferite frecvențe.

Dacă se presupune că semnalul la intrarea unui dispozitiv de transmitere a sunetului (fie acesta canal de înregistrare, amplificator, sau orice alt aparat) are o valoare constantă, la toate frecvențele, semnalul la ieșirea unui aparataj de calitate trebuie să fie de asemenea constant, independent de frecvență. Dacă se reprezintă grafic variația semnalului de ieșire în funcție de frecvență, se obține *caracteristica de frecvență*, sau *curba de răspuns* ; aceasta are forma unei linii drepte, dacă semnalul de ieșire este constant ; de aceea, aparatul se numește „liniar". Abaterea maximă a semnalului, la o frecvență oarecare, față de valoarea lui la o frecvență centrală (de obicei, 1 000 Hz), adică raportul

$$K = \frac{I_f}{I_{1\,000}}$$

este un criteriu de apreciere a liniarității aparatului.

Acest raport se exprimă deseori în db :

$$M_{db} = 20 \log K = 20 \log \frac{I_f}{I_{1\,000}} .$$

O instalație, oricît de perfectă, nu va putea reda uniform toate frecvențele și de aceea caracteristica de frecvență nu va fi o linie riguros dreaptă.

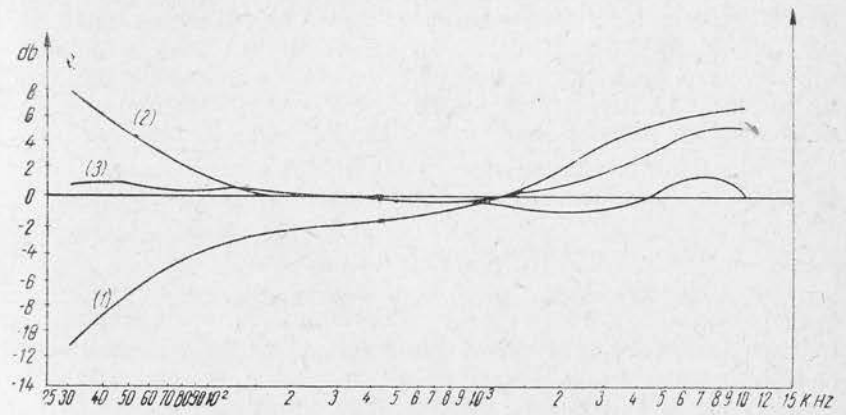


Fig. I-4. Caracteristici de frecvență ale unui magnetofon:
1 — curba de răspuns a amplificatorului de redare ; *2* — curba de răspuns a amplificatorului de înregistrare ; *3* — curba de răspuns a lanțului înregistrare-redare.

Coeficientul M_{db}, definit mai sus, este unul din principalele criterii în aprecierea calității redării sunetului. Din figură se vede că o dată cu creșterea intervalului de frecvențe transmise, distorsiunile de frecvență cresc. De aceea, din totalitatea frecvențelor pe care le redă un sistem, ne vom limita la intervalul de frecvențe pentru care distorsiunile de frecvențe nu depășesc o anumită limită.

Acest interval se numește bandă de frecvențe transmise și are diferite valori, după calitatea sistemului.

În fig. I-4 sînt reprezentate caracteristicile de frecvență ale unui magnetofon.

O redare de înaltă calitate necesită o bandă de 30—15 000 Hz, cu o abatere mai mică decît $\pm$ 1 db.

Pentru scopuri obișnuite, la redarea vorbirii este necesară banda de 200—3 000 Hz, cu $\pm$ 3 db, iar la redarea muzicii pentru amatori, aproximativ banda de la 100—6 000 Hz, cu $\pm$ 3 db.

d) Distorsiuni de neliniaritate

La instalațiile de înregistrare și de redare magnetică, pe lîngă variația amplitudinii în funcție de frecvență, apare și o deformare de altă natură a semnalului. Astfel, un semnal sinusoidal devine complex din pricina apariției unor armonici introduse de sistem. Această schimbare de formă a semnalului se numește *distorsiune de neliniaritate* și se datorește existenței unor elemente „neliniare" în care amplitudinea semnalului de ieșire nu este proporțională cu amplitudinea semnalului de intrare ca : tuburi electronice, bobine și transformatoare cu miez de fier, (capete magnetice), banda magnetică etc.

Valoarea distorsiunilor de neliniaritate se apreciază prin factorul de distorsiuni de neliniaritate K — dat de relația :

$$K = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + \cdots + I_n^2}}{I_1}$$

în care I_n este amplitudinea armonicii de ordinul n măsurată la ieșirea sistemului, dacă se aplică la intrare o tensiune sinusoidală, iar I_1 este amplitudinea fundamentalei.

Se obișnuiește adesea să se exprime K în procente :

$$K\,\% = K \cdot 100.$$

La instalațiile de înregistrare și de redare magnetică de înaltă calitate, factorul de distorsiuni de neliniaritate este mai mic decît 3%.

e) Dinamica

În cursul unui program muzical sau vorbit, intervin sunete, a căror intensitate variază în limite destul de întinse. Aceste intensități mult diferite trebuie redate corect, cît mai fidel, pentru a obține o audiție de calitate.

Raportul dintre presiunile acustice maxime și minime care intervin în decursul execuției unei piese muzicale se numește dinamică. Trebuie să deosebim însă dinamica sursei sonore de dinamica ce poate fi redată de sistemul de înregistrare.

Raportul dintre presiunile acustice maxime și minime ce ajung la ureche direct, datorită unei surse sonore, se numește *dinamică naturală*. Aceasta se exprimă printr-un aport simplu (de exemplu : 1/100) sau în unități relative (în db). Dinamica naturală are de obicei valori de cca 50 db, însă în anumite cazuri, ea poate să ajungă, pentru ansambluri instrumentale, pînă la 70 db. (1/3 000).

Dăm ca exemplu dinamica medie a cîtorva surse sonore :

Tabela I-2

Sursa sonoră	Numărul executanților	Raportul dintre presiunea maximă și minimă	Dinamica db
Vorbirea normală	—	20—30	25—30
Pian la distanța de 7 m	1	168	45
Muzică de dans	9	130	42
Muzică distractivă	21	250	48
Orchestră simfonică	55	400	52
Cor bărbătesc	38	230	47
Cor și orchestră	350	300	49

Sistemul de înregistrare nu va putea transmite o dinamică oricît de mare. Aceasta este una din dificultățile principale ale înregistrării și redării sunetului.

Dinamica transmisă de un sistem trebuie să fie cît mai mare, dar în general rămîne sub valoarea dinamicii naturale.

Limitarea dinamicii în sistemele de înregistrare a sunetului se datorește unor dificultăți de ordin tehnic. Nivelul maxim de la ieșirea sistemului nu poate depăși o anumită valoare dată, care este o caracteristică a aparatajului, altfel distorsiunile de neliniaritate ar depăși valorile admisibile. Nivelul minim este limitat de *tensiunea de zgomot* a sistemului, adică de tensiunea ce apare la ieșire, în lipsa semnalului de intrare. Cu cît valoarea zgomotului față de semnalul obținut

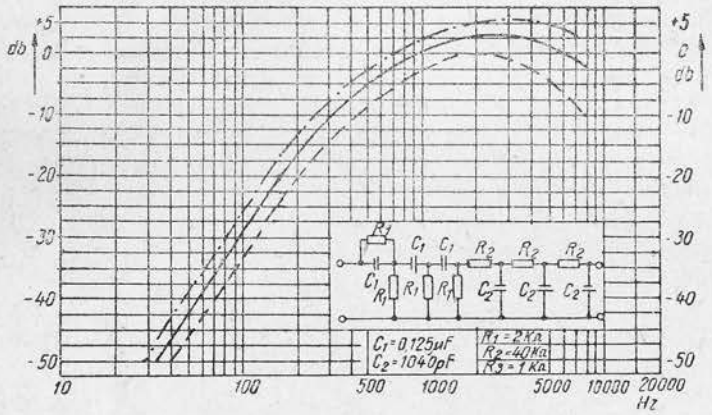


Fig. I-5. Schema electrică a unui filtru cu caracteristica asemănătoare cu aceea a urechii și caracteristica cu abaterile admisibile.

la ieșire, este mai mare, cu atît calitatea sistemului este mai scăzută. Aprecierea corectă a nivelului de zgomot se face ținînd seama de caracteristica urechii. În adevăr, pentru aceste semnale slabe, dependența senzației de frecvența semnalului este foarte accentuată (v. fig. I—3): zgomotele de frecvență joasă sînt percepute mult mai slab decît cele de frecvență medie. De aceea, măsurarea nivelului de zgomot se face prin intermediul unui filtru, a cărui caracteristică corespunde cu curba de 30 foni din figura I—3. Schema electrică a unui astfel de filtru și curba sa caracteristică de atenuare sînt reprezentate în fig. I—5.

Raportul dintre tensiunea de ieșire maximă nedistorsionată a sistemului și tensiunea de zgomot se numește *dinamica tehnică* și se măsoară tot în db.

Sistemele de înregistrare — redare magnetică de înaltă calitate au o dinamică de cca 60 db, cu o caracteristică asemănătoare cu aceea a urechii.

f) Calitățile acustice ale încăperilor

Magnetofonul se utilizează pentru înregistrarea și redarea sunetului în locurile cele mai variate. Pentru o bună înregistrare trebuie să se țină seama, în afară de condițiile menționate, și de calitățile acustice ale încăperilor în care se înregistrează sau se redă sunetul. Încăperea trebuie să asigure o distribuție uniformă a presiunilor sonore în întreg volumul ei, o audiție fără ecou și o reverberație potrivită *). Acestea se realizează în încăperi ale căror dimensiuni, forme și proprietăți de absorbție a sunetului îndeplinesc anumite condiții.

Volumul încăperii se alege în funcție de genul producției (muzică de dans, cor, vorbă etc.) și de numărul persoanelor care se vor afla în încăpere, atît executanți cît și auditori.

Unul din criteriile cele mai folosite pentru caracterizarea calității acustice a unei încăperi este *timpul de reverberație T*, care este intervalul de timp, măsurat în secunde, după care energia sonoră din încăpere descrește la a milioana parte din valoarea pe care a avut-o în momentul întreruperii sursei.

*) După ce o sursă sonoră încetează să emită, sunetul dintr-o încăpere se stinge treptat, din cauza undelor reflectate de pereții încăperii; aceste unde prelungesc sunetul. Fenomenul se numește *reverberație*.

CAPITOLUL II

Noțiuni de magnetism

Întrucît înregistrarea magnetică a sunetului se bazează pe fenomene magnetice, este necesar de a reaminti principiile generale ale magnetismului, înainte de a trece la teoria înregistrării propriu-zise.

1. MAGNEȚI

Categoria de fenomene în care corpuri feroase sînt atrase sau respinse de alte corpuri feroase poartă numele de magnetism, iar corpurile care exercită atracția sau respingerea se numesc magneți.

La capetele unui magnet se manifestă cea mai mare forță de atracție sau respingere. Acestea poartă denumirea de *poli*. Orice magnet are doi poli : polul *nord* și polul *sud* — numiți astfel după orientarea pe care o iau capetele unui magnet suspendat liber.

Experiența mai arată că polii de același nume ai magneților se resping, iar polii de nume contrar, se atrag.

Pentru a evalua forțele reciproce exercitate de doi magneți, s-a imaginat așa-numita „masă unitară". Aceasta se definește ca fiind un pol izolat care, dacă s-ar afla în vid, la o distanță de 1 cm de un alt pol identic, l-ar respinge pe acesta cu o forță de 1 dynă. Un astfel de pol izolat nu există în realitate. Noțiunea de pol izolat se utilizează rar în fizica modernă ; cunoașterea ei este totuși utilă deoarece se întîlnește uneori în literatura tehnică și permite să se exprime simplu acțiuni mecanice.

Același lucru se poate spune despre legea lui Coulomb aplicată fenomenelor magnetice, care exprimă forța de atracție sau respingere dintre două „mase magnetice" și pe care se bazează și definiția masei unitare. Expresia matematică a acestei legi este :

$$F = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

în care m_1 și m_2 reprezintă masele magnetice ale celor doi poli, r distanța dintre ei în centimetri, F — forța de atracție sau de respingere — ce se exercită între poli, în dyne, iar μ — coeficientul de permeabilitate. Legea lui Coulomb se folosește rar : definițiile moderne se bazează pe proprietățile magnetice ale curenților electrici.

2. CÎMPUL MAGNETIC

Dacă se așază un magnet sub o placă de sticlă, sau din alt material nemagnetic, pe care se presară pilitură de oțel moale,

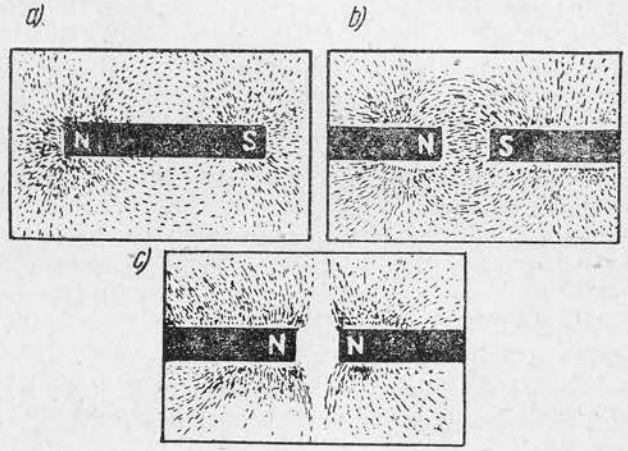


Fig. II-1. Spectrul magnetic.

se observă că sub influența magnetului, pilitura se așază de-a lungul unor linii curbe care unesc cei doi poli ai magnetului, formînd o figură caracteristică numită spectru magnetic (vezi fig. II-1).

Curbele după care se așază pilitura, poartă denumirea de *linii de forță magnetice*.

S-a convenit să se considere că în exteriorul magnetului, toate liniile de forță magnetice sînt dirijate de la polul nord

către polul sud. Liniile de forță magnetice nu sînt așezate numai într-un singur plan, ci ocupă întregul spațiu din jurul magnetului.

Întregul spațiu din jurul magnetului în care se manifestă forțele magnetice, poartă denumirea de *cîmp magnetic*. Cîmpul magnetic se caracterizează de obicei prin proprietățile sale mecanice.

Unul din efectele cîmpului magnetic, care se constată cel mai ușor, este acțiunea de atracție, pe care o exercită asupra unor piese de fier. Această acțiune este exercitată însă de orice conductor străbătut de un curent electric : de aici se deduce că un curent electric are proprietăți magnetice, cu alte cuvinte dă naștere unui cîmp magnetic. Dispozitivele, care creează cîmpuri magnetice cu ajutorul curenților electrici se numesc *electromagneți*. Afară de proprietățile mecanice (forțe de atracție și respingere), cîmpurile magnetice mai au și alte proprietăți : una din cele mai importante este inducția electromagnetică : dacă se mișcă un magnet, sau un electromagnet, în fața unei spire de sîrmă închise, în spiră apare un curent electric „indus". Cauza este variația numărului de linii de forță care străbat spira, sau, în termeni mai corecți, variația „fluxului de inducție magnetică" Φ.. Fluxul de inducție magnetică este deci mărimea a cărei variație induce într-un conductor învecinat o forță electromotoare.

Unitatea practică de flux este weberul (Wb) ; conform definiției, weberul este fluxul de inducție magnetică care străbătînd circuitul unei singure spire, produce în acea spiră o forță electromotoare de un volt, în timp de o secundă.

Unitatea C.G.S.e.m. de flux este maxwell $= 10^{-8}$ Wb.

Raportul dintre fluxul Φ și suprafața S pe care o străbate (deci densitatea de flux magnetic) poartă numele de inducție magnetică B :

$$B = \frac{\Phi}{S}\left[\frac{\text{Wb}}{\text{m}^2}\right]$$

Uneori, se definește această mărime ca fiind numărul de linii de forță care trece prin unitatea de suprafață.

Unitatea C.G.S.e.m. de inducție magnetică este gauss-ul ($1 \frac{\text{Wb}}{\text{m}^2} = 10^4$ gauss). 1 gauss = 1 maxwell pe centimetru pătrat.

Acțiunea mecanică a cîmpurilor magnetice depinde de inducția B ; forțele de atracție și respingere dintre magneți, sau dintre magneți și curenți electrici, depind de această mărime, care caracterizează intensitatea efectelor magneților.

Dacă un solenoid compus din n spire este străbătut de un curent I, apare o tendință de magnetizare a mediului înconjurător, caracterizată de „cîmpul magnetizant" H, numit și cîmp de magnetizare sau, intensitate de cîmp (această ultimă denumire este, de altfel, cauza multor confuzii).

Cîmpul magnetizant crește odată cu densitatea spirelor (raportul dintre numărul spirelor n și lungimea solenoidului l) și cu intensitatea curentului ; unitatea de măsură este deci amper-spira pe metru :

$$H = \frac{nI}{l}\left[\text{A.sp/m}\right]$$

Față de sistemul C.G.S.e.m., în care unitatea este un oersted (Oe), avem :

$1 \text{ A} \cdot \text{sp/m} = 4\ \pi\ \cdot\ 10^{-3}$ Oe.

Cîmpul de inducție B (care am văzut că este una din cele mai importante mărimi caracteristice magnetice), creat de cîmpul magnetizant H, depinde de natura mediului magnetizat ; aceasta se caracterizează prin permeabilitatea μ.

Dacă se presupune că mediul este *omogen* (mediu cu aceleași proprietăți în toate punctele sale), relația, care leagă cîmpul de inducție cu cîmpul magnetizant este :

$$B = \mu H$$

Cazul mediilor neomogene este tratat sumar în paragraful 4.

O permeabilitate ridicată are drept consecință, conform relației de mai sus, producerea unei inducții puternice, și, deci, a unui flux magnetic de valoare mare ; permeabilitatea caracterizează capacitatea unei substanțe de a participa la efectele magnetice și de a întări cîmpul de inducție produs.

Notînd cu μ_0 permeabilitatea vidului, se poate defini permeabilitatea relativă μ_r a unui material, ca raportul dintre permeabilitatea acelui material și permeabilitatea vidului :

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}.$$

Permeabilitatea relativă a aerului este egală cu unitatea ; permeabilitatea relativă a corpurilor paramagnetice este mai mare decît unitatea, iar cea a corpurilor diamagnetice, este mai mică decît unitatea.

Corpurile feromagnetice (fier, oțel, nichel, cobalt și anumite aliaje), au o permeabilitate de sute și de mii de ori mai mare decît cea a aerului.

Deosebirea principală între corpurile feromagnetice și celelalte corpuri, constă în aceea că permeabilitatea acestora din urmă are o valoare aproape constantă la diferite valori ale intensității cîmpului magnetic, în timp ce permeabilitatea corpurilor feromagnetice are o valoare variabilă în funcție de intensitatea cîmpului magnetizant. Relația $B = \mu H$ nu este deci riguros valabilă pentru corpurile feromagnetice ; cu alte cuvinte, pentru aceste corpuri μ nu este o constantă. Permeabilitatea corpurilor feromagnetice mai depinde și de frecvența fluxului magnetic variabil, care trece prin acest material, dacă este folosit ca miez la o bobină alimentată în curent alternativ.

3. CURBE DE MAGNETIZARE

Relația dintre inducția magnetică B dintr-un mediu feromagnetic și intensitatea cîmpului magnetizant H, care a cauzat-o, rezultă din curba de histerezis a materialului respectiv. Această curbă ne dă totodată și caracteristicile principale ale materialului magnetic considerat.

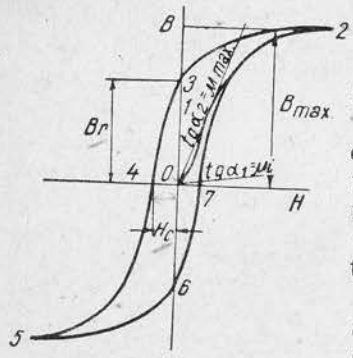


Fig. II-2. Curbă de histerezis și curbă de primă magnetizare.

În fig. II—2 este arătată curba de histerezis a unui material feromagnetic. Starea magnetică a unui material care n-a fost încă magnetizat este dată de punctul O, în sistemul de coordonate B-H.

Supunînd un asemenea material acțiunii unui cîmp magnetizant crescător, starea lui magnetică va varia după curba *0-1-2*.

Această curbă se numește curba de primă magnetizare. Raportul $\frac{B}{H}$ într-un punct al curbei de primă magnetizare ne dă valoarea permeabilității materialului în punctul considerat. Tangenta la curba în origine face cu axa abscisele un unghi α_1 a cărui tangentă trigonometrică, ne dă valoarea permeabilității inițiale a materialului respectiv μ_i. Odată cu creșterea intensității cîmpului, crește treptat și permeabilitatea μ, atingînd în punctul 1, valoarea ei maximă μ_{max} După aceasta, curba de primă magnetizare devine din ce în ce mai plată, iar inducția magnetică atinge o valoare maximă B_{max} după care nu mai crește : această stare se numește *saturație*. Dacă micșorează acum treptat intensitatea cîmpului, curba nu mai urmează curba de primă magnetizare ci trece deasupra ei, urmînd traseul *2-3*. În punctul *3*, corespunzător valorii $H = 0$, curba taie axa ordonatelor; valoarea inducției în acest punct se numește inducție remanentă, *Br*.

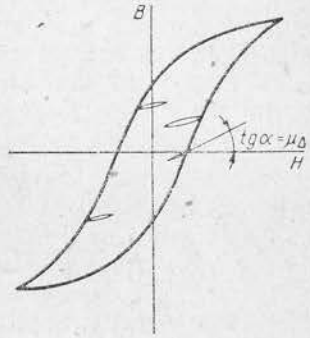


Fig. II-3. Curbe minore de histerezis.

Continuînd să micșorăm valoarea intensității cîmpului, (adică dînd lui H valori negative), curba urmează traseul *3-4-5* și taie axa absciselor într-un punct corespunzător unei inducții nule care determină forța coercitivă a materialului H_c. adică acea valoarea a intensității cîmpului magnetizant pentru care inducția în material se anulează. În punctul *5*, se obține iar saturația magnetică a materialului, dar de data aceasta, ea corespunde unei polarități inverse față de cea din punctul *2*. Dacă acum începem să mărim din nou intensitatea cîmpului, curba va trece prin punctele *5-6-7-2* și ciclul se va închide. În modul acesta, s-a obținut curba completă de histerezis a materialului. Valorile μ_i (permeabilitate inițială), μ_{max} (permeabilitatea maximă), B_r (inducția remanentă) și H_c (forța coercitivă), sînt mărimi caracteristice pentru un anumit material magnetic. Suprafața închisă de un ciclu de histerezis este proporțională cu energia calorică care provine din încălzirea miezului, adică chiar cu pierderile prin histerezis ale materialului.

Un material magnetizat poate fi readus la starea inițială în diferite moduri, care vor fi examinate în capitolul III, cînd se va vorbi despre „ștergerea înregistrărilor anterioare".

Dacă intensitatea cîmpului magnetizant H oscilează în jurul unei valori continue cu $\pm \Delta H$, atunci apar pe curba de histerezis niște curbe minore de histerezis, cum se vede în fig. II-3. Dacă ΔH este destul de mic, cele două brațe ale curbei minore de histerezis se suprapun și dau o dreaptă înclinată al cărei coeficient unghiular ne dă valoarea „permeabilității incrementale" μ_Δ. Curbele minore de histerezis apar în cazul înregistrării magnetice cu polarizare de curent alternativ, metodă despre care se va vorbi amănunțit în capitolul următor.

4. CIRCUITE MAGNETICE

O concepție foarte utilă, mai ales pentru studiul comportării magnetice a mediilor neomogene este cea de circuit magnetic. Conform acestei concepții, se face o analogie între mărimile cunoscute din studiul circuitelor electrice și anumite mărimi magnetice. Legea de bază, care permite această analogie este exprimată de relația :

$$\Phi = \frac{F}{R_m} \left(\text{similară legii lui Ohm : } I = \frac{E}{R} \right).$$

în care Φ este fluxul magnetic, analog curentului electric I

F — forța magnetomotoare, similară forței electromotoare E ;

R_m — reluctanța similară rezistenței electrice R.

Dacă circuitul magnetic, prin care circulă fluxul magnetic, este compus din mai multe materiale, întîlnite succesiv de flux, reluctanțele acestora se adună, similar unor rezistențe conectate în serie.

Forța magnetomotoare se definește prin relația

$$F = nI \quad , \quad [\text{A sp}]$$

în care n este numărul spirelor care înconjoară circuitul, străbătute de curentul I.

Reluctanța unui circuit omogen se definește prin relația :

$$R_m = \frac{l}{\mu s},$$

în care l este lungimea circuitului magnetic parcurs de flux ;

μ — permeabilitatea materialului ;

s — suprafața secțiunii transversale.

Ca și permeabilitatea, reluctanța circuitelor magnetice este o mărime variabilă, în funcție de intensitatea magnetizării cîmpului. Reluctanțele montate în serie sau în paralel ascultă de aceleași legi ca și rezistențele montate în serie sau în paralel.

Dacă într-un inel de oțel de permeabilitate relativă egală cu 1 000 și de o lungime egală cu 0,1 m se practică o mică deschizătură (întrefier), reluctanța totală a circuitului va fi egală cu suma reluctanțelor celor două porțiuni ale traseului fluxului. Dacă, de exemplu, lungimea întrefierului va fi de 1 mm, reluctanța inelului va fi în mod practic aceeași ca înainte de practicarea întrefierului (variația de lungime este neglijabilă), dar trebuie să-i adăugăm și reluctanța aerului din întrefier ; deoarece secțiunea este aceeași, atît pentru inel, cît și pentru întrefier, avem :

$$R_{m\ \text{oțel}} = \frac{0{,}1}{1000\ \mu_0 S} = \frac{10^{-4}}{\mu_0 S},$$

iar

$$R_{m\ \text{întrefier}} = \frac{10^{-3}}{1 \times \mu_0 S} = 10 R_{m\ \text{oțel}}.$$

Se vede că reluctanța oțelului este neglijabilă față de cea a aerului, iar fluxul este determinat numai de întrefier. Dacă acesta ar avea numai dimensiunea de 0,1 mm, reluctanțele ar fi egale (prezența întrefierului ar avea deci efectul de a crește reluctanța la dublu și a scădea deci fluxul la jumătate).

Cazul unui inel dintr-un material cu permeabilitate mare, prevăzut cu un întrefier, este de o importanță deosebită la înregistrarea magnetică, deoarece majoritatea capetelor de înregistrare și de redare sînt astfel construite.

5. PIERDERI MAGNETICE

Am arătat mai sus că pierderile prin histerezis ale materialului sînt proporționale cu suprafața închisă de curba de histerezis. La magnetizări mici, ele sînt proporționale cu volumul miezului, cu frecvența cîmpului magnetizant și cu puterea a 3-a a intensității maxime a cîmpului. Acest ultim factor reprezintă influența formei curbei de histerezis. Deoarece la majoritatea materialelor, permeabilitatea poate fi considerată constantă la magnetizări mici, rezultă că pierderile prin histerezis sînt proporționale cu puterea a 3-a a inducției maxime (B_{max}). La magnetizări mari, pierderile prin histerezis sînt aproximativ proporționale cu puterea 1,6 a inducției B_{max}. Cum în ambele cazuri, pierderile sînt proporționale cu

inducția B ridicată la o anumită putere, rezultă că la înregistrare pot lua naștere distorsiuni de neliniaritate. Totuși, pentru valori mici ale lui H, pierderile prin histerezis reprezintă o mică parte din pierderile totale care iau naștere în miezul de fier. Partea cea mai importantă a pierderilor în fier este cauzată de curenții turbionari din miez ; pentru micșorarea acestora miezul capetelor magnetice se confecționează din foi subțiri (tole) izolate între ele cu un strat de lac, asemănătoare celor utilizate în construcția transformatoarelor.

Pierderile datorite curenților turbionari, într-un cm³ de miez confecționat în tole, este :

$$P_t = \frac{\pi^2 \cdot t^2 \cdot f^2 \cdot B^2_{max}}{6\rho} \cdot 10^{-7} \text{ W}$$

în care : t este grosimea tolei în cm ;

ρ — rezistivitatea tolei în unități C.G.S.e.m.

f — frecvența cîmpului de magnetizare în Hz ;

B_{max} — inducția magnetică maximă, în Gs.

Pe cale experimentală s-a stabilit că în miezurile capetelor magnetice mai apar încă un fel de pierderi, despre care se presupune că se datoresc magnetostricțiunii. Acestea se numesc pierderi reziduale și sînt proporționale cu H^2 și cu frecvența cîmpului magnetizant.

Din cele expuse mai sus, rezultă că toate cele trei feluri de pierderi în miezul capetelor sînt dependente de frecvență. Efectul însemnat al acestor pierderi influențează într-o măsură considerabilă înregistrările magnetice.

6. MATERIALE MAGNETICE

În raport cu destinația lor, materialele feromagnetice pot fi împărțite în două grupe principale : materiale moi și materiale dure.

a) Materialele magnetice moi au o permeabilitate inițială mare și o forță coercitivă mică. (Deci aceste materiale se magnetizează și se demagnetizează ușor). Curba lor de histerezis are o suprafață mică. Avînd în vedere proprietățile lor, materialele moi sînt utilizate la fabricarea miezurilor pentru capete de înregistrare și de redare.

Din clasa materialelor magnetice moi face parte și fierul moale (chimic pur) cu o forță coercitivă de 1 oersted și cu o permeabilitate maximă de 5 000—7 000, cum și o serie de aliaje magnetice la care fierul intră în combinație în diferite proporții cu : nichelul, molibdenul, cromul, cuprul și altele.

Unul din cele mai utilizate aliaje magnetice moi este permalloyul, care conține 78% nichel și 21% fier. Permeabilitatea inițială a unui aliaj permalloy cu molibden, fabricat în Uniunea Sovietică, ajunge pînă la valoarea de 15 000—18 000, cea maximă la 120 000—130 000, iar forța coercitivă are o valoare de numai 0,05 Oe.

Actualmente se fabrică mai multe varietăți de aliaje ca permalloy C, permalloy B, miumetal, hipernic, rometal și altele, care se deosebesc într-o anumită măsură prin compoziția lor chimică și prin proprietățile lor magnetice.

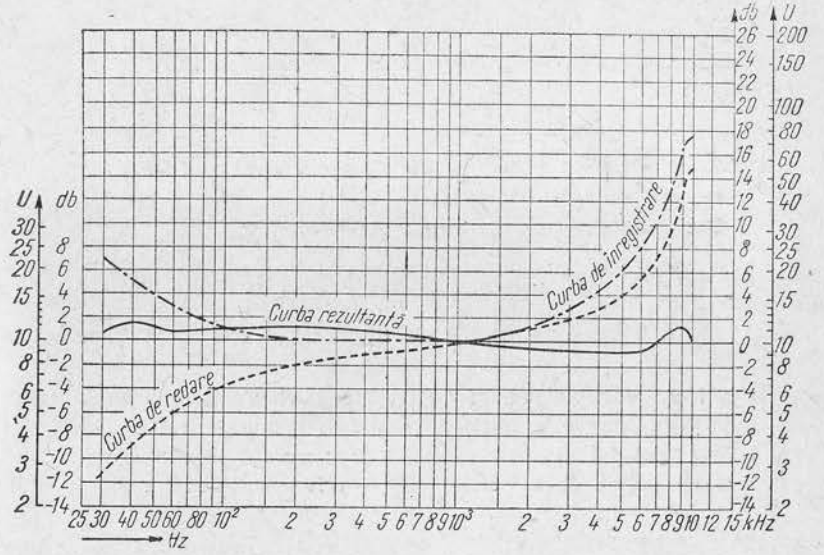


Fig. II-4. Curbele de primă magnetizare ale cîtorva materiale magnetice moi.

În fig. II-4 sînt reprezentate curbele de primă magnetizare ale următoarelor aliaje : permalloy C, miumetal, aliajul 1 040, precum și ale aliajului Fe-Si, utilizat în mod curent la fabricarea tolelor de transformator.

Se vede că aliajul Fe-Si are o permeabilitate inițială mult mai mică ; permeabilitatea acestui material nu atinge pe cea a celorlalte aliaje reprezentate în figură, nici la cîmpuri magnetizante puternice.

Dezavantajul permalloy-ului și a materialelor similare

constă în faptul că acestea se saturează la o valoare relativ mică a inducției magnetice; permabilitatea maximă este atinsă pentru un cîmp magnetizant de valoare mică și apoi, odată cu creșterea acestuia, permeabilitatea scade rapid (v. fig. II-5).

S-a observat că în cazul mterialelor magnetice introduse într-un cîmp variabil apare un efect asemănător cu „efectul pelicular" al conductoarelor parcurse de curenți de înaltă frecvență : liniile de forță magnetice se strîng către suprafața materialului pe măsură ce crește frecvența cîmpului. În material apar curenți turbionari care produc un flux propriu,

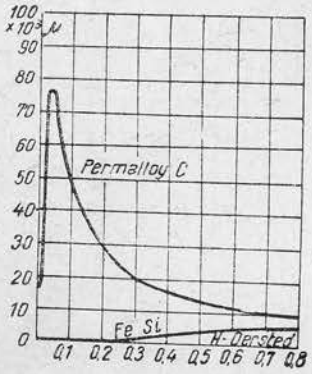


Fig. II-5. Variația permeabilității în funcție de intensitatea cîmpului magnetizant la permalloy C și la Fe-Si.

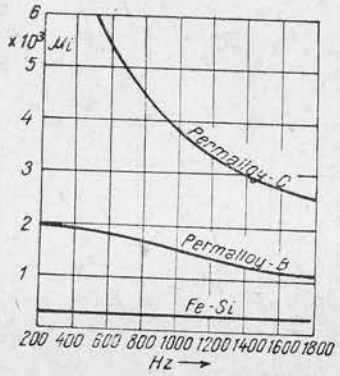


Fig. II-6. Variația permeabilității inițiale în funcție de frecvență la cîteva materiale magnetice moi.

acesta este de sens contar fluxului util inițial, scăzînd valoarea acestuia în interiorul materialului. În figura II-6 se poate vedea că la permalloy C la 1 800 Hz permeabilitatea μ este mult mai mică decît la 500 Hz; la permalloy B — variația este mult mai lentă iar la Fe-Si permeabilitatea inițială μ este practic constantă în aceste limite, însă este mult mai mică în valoare absolută.

În ultimul timp s-a realizat un nou aliaj similar permalloyului numit supermalloy, a cărui permeabilitate inițială și maximă sînt de cîteva ori mai mari decît cele ale materialelor cunoscute pînă acum. În fig. II-7 și II-8, sînt reprezentate curbele de magnetizare și cele de permeabilitate, în funcție de intensitatea cîmpului magnetizant, respectiv de inducția mag-

netică, pentru supermalloy și permalloy C (după Heckenast și Zsdanszky). Utilizarea aliajului a permis construirea unor miezuri mult mai mici pentru capete magnetice și transmiterea unei benzi de frecvență mult mai largi.

b) Prin materiale magnetice dure se înțeleg materialele care au o forță coercitivă mare. Materialele magnetice dure

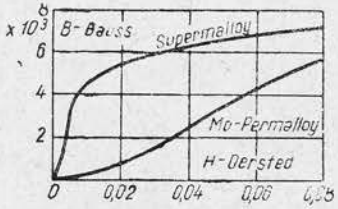


Fig. II-7. Curbele de primă magnetizare pentru supermalloy și permalloy C.

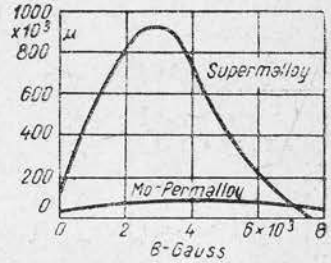


Fig. II-8. Variația permeabilității în funcție de inducție pentru supermalloy și permalloy C.

sînt utilizate printre altele în înregistrarea magnetică, la fabricarea purtătoarelor de sunet; forța coercitivă a acestora este mare, fiind cuprinsă între 200—600 Oe (ceea ce reduce pericolul de demagnetizare), iar inducția lor remanentă poate atinge la materialele cele mai bune, valoarea de 12 000 Gs.

În tabela II-1 sînt date valorile caracteristice pentru cîteva materiale magnetice.

Punctul Curie este temperatura la care materialul își pierde proprietățile sale magnetice.

Materialele cărora li se cer proprietăți magnetice deosebite sînt de obicei supuse unor tratamente termice și mecanice speciale. Dacă este necesar să obținem o permeabilitate mare, tratamentul constă în cele mai multe cazuri, în recoacerea în condiții speciale.

Dacă este necesar să se obțină o forță coercitivă mare, se folosește laminarea la rece, recoacerea sau recoacerea și călirea într-o atmosferă de hidrogen. După aceste tratamente, materialele trebuie ferite de cele mai mici deformări pentru că își pierd proprietățile magnetice.

Materialele cu permeabilitate mare sînt în general sensibile față de eforturi mecanice. Dacă forța mecanică aplicată depășește limita elasticității materialului, are loc o scădere a

permeabilității și o creștere a forței coercitive, ceea ce poate fi uneori dăunător calității redării semnalelor înregistrate. (De exemplu : o strîngere excesivă la montare a pieselor polare ale capului de redare trebuie evitată).

Tabela II-1

Date caracteristice pentru cîteva materiale magnetice

Materialul	μ_i	μ_{max}	B_{max} Gs	B_{rem} Gs	H_c	ρ $\mu\Omega$ cm	Temperatura Curie °C
Materiale magnetice moi:							
Fersiliciu 4% . .	400	6 700	20 000	12 000	0 5	60	690
Permalloy B . .	2 700	23 000	16 500	8 000	0,3	45	440
Miumetal	15 000	60 000	8 500	6 000	0,05	45	—
Aliaj 104	40 000	100 000	6 000	2 500	0.014	55	290
Permalloy Ç . .	22 000	72 000	8 500	5 000	0.05	55	460
Supermalloy . .	100 000	1 000 000	7 900	—	—	65	—
Permalloy F .	—	220 000	13 000	13 000	0,05	26	—
Permendur . . .	800	5 000	24 500	14 000	2,00	7	1 000
Materiale magnetice dure:		$\mu\Delta$					
Oțel crom 3% .	—	31	—	9 700	65	38	
Oțel wolfram 5%	—	32	—	10 800	60	30	—
Oțel cobalt 36% .	7	9.4	19 000	9 500	220	27	700
Alnico-1	—	4	—	7 300	430	61	—
Alnico-2	—	4	—	7 200	540	—	—
Alnico-5 . . .	—	—	—	12 500	550	—	—
Platina-cobalt .	1,1	1,1	—	4 500	2 600	50	—

Unele materiale cu forță coercitivă mare sînt de asemenea sensibile la eforturi mecanice ; de acest fapt trebuie ținut seama la utilizarea benzilor, care sînt deseori supuse la solicitări variabile în timp, atunci cînd trec prin fața capului de înregistrare, la reînfășurare etc.

7. ECRANAREA MAGNETICĂ

Cîmpurile magnetice exterioare ale motoarelor sau ale transformatorului de rețea, pot induce o f. e. m. perturbatoare în înfășurările capului de redare și în bobinajul tranformatorului de intrare al amplificatorului de redare, unde avem tensiuni foarte mici. Pentru a micșora aceste f. e. m. perturbatoare, se iau diferite măsuri de protecție, în ceea ce privește forma și dimensiunile capului, așezarea motoarelor etc. care vor fi arătate mai amănunțit în capitolele următoare.

Totuși aceste măsuri nu asigură reducerea necesară a nivelului perturbațiilor induse de cîmpurile magnetice exterioare. De aceea este necesară și utilizarea unor ecrane magnetice, confecționate dintr-un material cu permeabilitate magnetică mare. Aceste ecrane pot micșora valoarea cîmpului de inducție magnetică care pătrunde în miezul capului de redare sau în transformator, în două feluri:

a) din cauza unei reluctanțe scăzute a ecranului în comparație cu reluctanța spațiului dintre ecran și cap, cea mai mare parte a cîmpului perturbator trece prin ecran fără a intra în miezul capului ;

b) cîmpul perturbator, variabil în timp, provoacă în metalul ecranului apariția unor curenți turbionari, care creează un cîmp îndreptat în sens contrar și neutralizează astfel parțial cîmpul perturbator inițial. Efectul de ecranare al curenților turbionari depinde de rezistivitatea materialului din care este confecționat ecranul, de permeabilitatea sa, de frecvența cîmpului perturbator și de direcția cîmpului față de suprafața ecranului.

În domeniul frecvențelor joase (de zeci și de sute de herți), curenții turbionari influențează în mică măsură ecranarea ; în schimb, la frecvențe mai ridicate (de mii de herți), acțiunea acestor curenți este foarte importantă și poate ameliora simțitor ecranarea.

Raportul dintre f.e.m. perturbatoare $E_{.p.}$ indusă în capul neecranat și f.e.m. $E_{.p.e.}$ indusă în capul ecranat, la aceeași intensitate de cîmp perturbator, se numește coeficient de ecranare și se notează cu γ :

$$\gamma = \frac{E_{.p.}}{E_{.p.e}} \; ; \quad \gamma \text{ db} = 20 \log \frac{E_{.p.}}{E_{.p.e}} \; .$$

S-a stabilit că efectul de ecranare crește, la început, repede cu grosimea ecranului, după care creșterea devine mai puțin accentuată. De aici rezultă că utilizarea ecranelor prea groase este nerațională și că este mai avantajos să utilizăm mai multe ecrane (capace) subțiri distanțate puțin între ele. Cu un singur ecran dintr-un material cu $\mu = 5\,000$ se poate atinge un coeficient de ecranare de 40 — 50 db. Cu cît permeabilitatea inițială a materialului ecranului este mai bună, cu atît

coeficientul de ecranare este mai ridicat. De aceea, un ecran din permalloy, va produce o ecranare mult mai mare decît un ecran din tole de oțel obișnuit de aceeași grosime.

Pentru a obține o ecranare favorabilă în domeniul frecvențelor înalte, se utilizează pe lîngă un ecran din material magnetic și un ecran din cupru. Acțiunea de ecranare a acestuia din urmă crește proporțional cu frecvența, iar cu cît ecranul este mai gros, cu atît frecvența de la care începe acțiunea de ecranare este mai joasă. În fig II-9 sînt reprezentate curbele de ecranare în funcție de frecvență pentru cîteva cazuri.

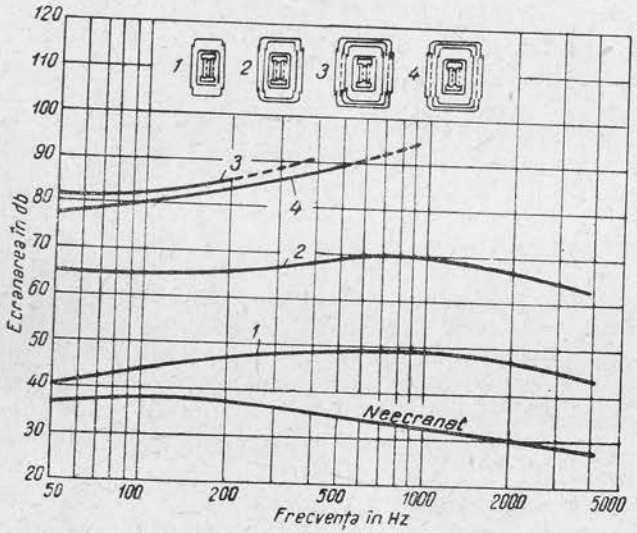


Fig. II-9. Efectul de ecranare obținut cu ecrane compuse din mai multe straturi.

Curba *1* indică efectul unui ecran de tablă de permalloy dintr-un strat înalt de 110 mm, cu diametrul interior de 62 mm. Îngroșarea pereților ecranului mărește în mică măsură efectul de ecranare. Dacă acest ecran este așezat în interiorul unui alt ecran din permalloy, se poate observa o îmbunătățire simțitoare (curba *2*). Pentru a atinge o ecranare de aproape 80 db, este necesar un al treilea ecran (curba *3*). Dacă în locul ecranului intermediar, din permalloy, utilizăm un ecran din cupru, ecranarea la frecvențe joase scade foarte puțin, în schimb la frecvențe înalte se obține un rezultat mai favorabil (curba *4*).

22.5

CAPITOLUL III

TEORIA ÎNREGISTRĂRII MAGNETICE A SUNETULUI

1. PRINCIPII GENERALE

În capitolele precedente s-au expus, pe scurt, noțiunile fundamentale de acustică și de magnetism, necesare pentru înțelegerea fenomenelor care au loc la înregistrarea și la redarea sunetelor pe cale magnetică.

În cele ce urmează se expune teoria propriu-zisă a înregistrării magnetice, teorie care stă la baza funcționării aparatelor moderne de înregistrare și de redare magnetică a sunetului — magnetofoanele.

Înregistrarea magnetică a sunetului se bazează pe magnetizarea variabilă a unui purtător de sunet, bandă sau sîrmă de oțel, care se deplasează prin fața unui electromagnet (capul de înregistrare) în bobina căruia circulă curenți alternativi de audiofrecvență ; purtătorul de sunet capătă o magnetizare remanentă variabilă, care reprezintă procesul acustic care se înregistrează.

Pentru a reda sunetele înregistrate, purtătorul de sunet, magnetizat variabil, se deplasează prin fața unui alt electromagnet — capul de redare — și induce în bobina acestuia o forță electromotoare alternativă corespunzătoare, care, amplificată și transmisă unui difuzor, redă sunetul inițial (fig. III-1).

Înregistrarea magnetică poate fi ștearsă, iar purtătorul de sunet utilizat apoi pentru o nouă înregistrare. Ștergerea înregistrării anterioare constă în demagnetizarea purtătorului de sunet cu ajutorul unui cap de ștergere, care poate fi un magnet permanent sau un electromagnet.

În afară de purtător de sunet, capete magnetice și mecanisme de deplasare a purtătorului de sunet, magnetofoanele

mai sînt prevăzute în general cu : un amplificator de înregistrare, necesar pentru a amplifica tensiunea primită de la sursa electroacustică înainte de a o aplica la capul de înregistrare, un amplificator de redare, pentru a amplifica tensiunile induse

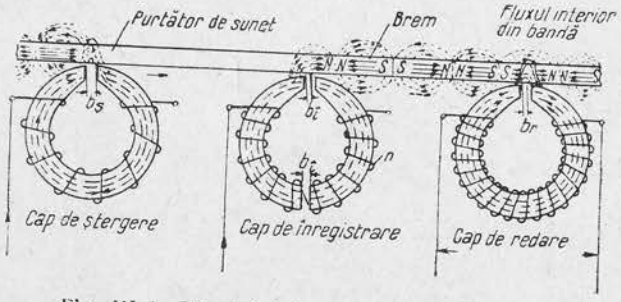


Fig. III-1. Principiul înregistrării magnetice.

în capul de redare şi un generator de curent necesar pentru ştergerea şi polarizarea purtătorului de sunet.

Amplificatoarele de înregistrare şi de redare sînt prevăzute cu circuite de corecţie, necesare pentru a corecta distorsiunile de frecvenţă care apar în procesul înregistrării şi redării.

2. ŞTERGEREA

După cum s-a mai arătat, ştergerea unui purtător de sunet constă în anularea magnetizării anterioare, adică a vechii înregistrări. Ştergerea poate fi realizată pe două căi : cu ajutorul unui cîmp continuu sau al unuia alternativ.

Ştergerea cu cîmp continuu. Această metodă constă în magnetizarea pînă la saturaţie a fiecărei particule elementare a purtătorului de sunet. Particula elementară care are o inducţie remanentă B_{rem} (fig. III-2) este magnetizată pînă la saturaţie în timpul cît trece prin întrefier şi după părăsirea acestuia ea rămîne cu inducţia remanentă B_{rem} oricare ar fi fost valoarea lui B_{rem} . Deoarece o inducţie remanentă constantă nu creează o variaţie de flux, în capul de redare nu se induce nici o tensiune. (Presupunem că purtătorul de sunet este perfect omogen din punct de vedere magnetic, condiţie care, după cum vom vedea mai departe, nu se realizează în practică, ceea ce constituie o sursă importantă de zgomote).

Cîmpul continuu, necesar pentru aducerea la saturaţie a purtătorului de sunet, poate fi realizat cu ajutorul unui curent

continuu care circulă în capul de ştergere, sau prin intermediul unui magnet permanent care serveşte drept cap de ştergere. În ambele cazuri, cîmpul trebuie astfel ales încît valoarea sa maximă să magnetizeze purtătorul de sunet la saturaţie ; după aceasta, valoarea sa scade treptat către zero, o dată cu depărtarea de cap a punctului considerat.

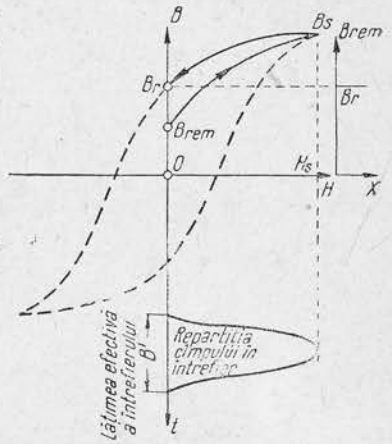


Fig. III-2. Ştergerea cu cîmp continuu.

Ştergerea cu cîmp alternativ. Această metodă se bazează pe fenomenul fizic de demagnetizare a corpurilor feromagnetice, fenomen care apare cînd le situăm într-un cîmp magnetic alternativ destul de puternic, cu amplitudinea continuu descrescătoare spre zero. Fiecare element al purtătorului de sunet care intră în întrefier cu o anumită stare magnetică (de exemplu pct. *1* fig. III-3), este supus, în timpul trecerii prin întrefier, unui cîmp alternativ a cărui amplitudine creşte la început pînă la maximum şi apoi descreşte treptat pînă la zero din cauza repartiţiei cîmpului în întrefier şi din cauza mişcării purtătorului. În acest mod particula elementară este magnetizată întîi pînă la saturaţie prin cicluri de histerezis crescătoare şi apoi, parcurgînd cicluri de histerezis descrescătoare, este demagnetizată pînă la zero, stare în care părăseşte întrefierul capului de ştergere. În lipsa semnalului de audiofrecvenţă, purtătorul nu va induce în capul de redare aproape nici o f.e.m., deci zgomotele perturbatoare vor fi foarte reduse.

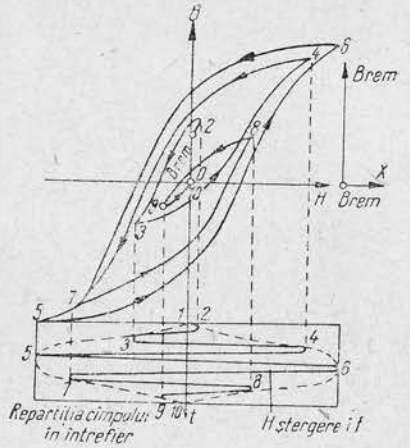


Fig. III-3. Ştergerea cu cîmp alternativ.

Pentru ca demagnetizarea

purtătorului de sunet să se facă în condiții cît mai bune, este necesar ca descreșterea amplitudinii cîmpului în întrefier să fie cît mai lină (formă de clopot). Variația amplitudinii nu trebuie să depășească $\pm$ 1% din amplitudinea vecină.

În fig. III-4 este reprezentat cazul cînd ștergerea se face cu un cîmp alternativ a cărui amplitudine descrește în mod

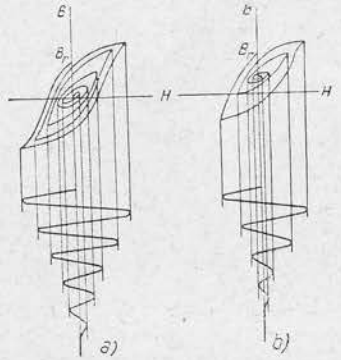


Fig. III-4. Ștergerea cu cîmp alternativ;
a — descreșterea lină a cîmpului; *b* — descreșterea bruscă a cîmpului.

lin spre zero *(a)*, și cu un cîmp alternativ a cărui amplitudine descrește în mod brusc spre zero (*b*).

Se vede că în cazul al doilea ștergerea nu se face complet și purtătorul de sunet rămîne cu o oarecare inducție remanentă.

Condiția de descreștere lină a amplitudinii cîmpului de ștergere este cu atît mai ușor de îndeplinit cu cît frecvența cîmpului este mai mare. În practică se utilizează un curent de ștergere cu o frecvență de 30—60 kHz.

3. INREGISTRAREA. METODE DE MAGNETIZARE

Magnetizarea unui purtător de sunet — dacă acesta are forma de bandă — poate fi făcută în trei moduri și anume : transversal, lateral și longitudinal, după cele trei dimensiuni ale sale (fig. III-5). Dacă purtătorul de sunet este o sîrmă de oțel, acesta poate fi magnetizat numai în două moduri : perpendicular și longitudinal (la un purtător cilindric, magnetizarea transversală se confundă cu cea laterală).

Magnetizarea laterală, care este distinctă de cea transversală numai cînd purtătorul de sunet are o secțiune transversală dreptunghiulară, se obține așezînd piesele polare ale capului

de înregistrare de o parte și de cealaltă a marginilor benzii. Dacă piesele polare sînt așezate perpendicular pe fețele benzii, una exact în prelungirea celeilalte, și între ele trece purtătorul de sunet, avem de a face cu o magnetizare transversală.

Cel mai utilizat mod de magnetizare a purtătorului de sunet este cel longitudinal. Magnetizarea longitudinală, care se

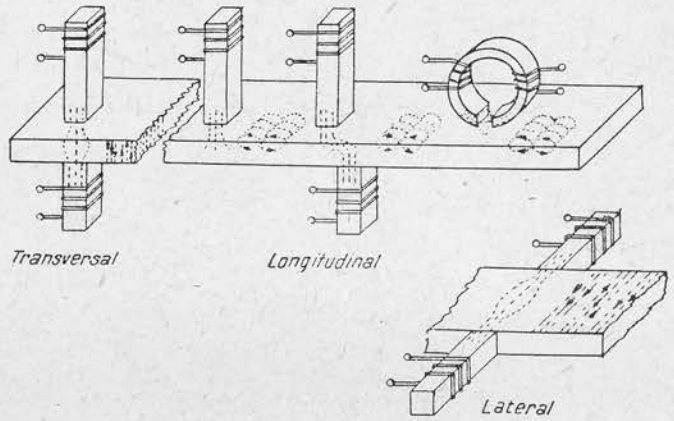


Fig. III-5. Diferite moduri de magnetizare a unui purtător de sunet.

numește astfel deoarece fluxul principal de lucru este îndreptat în direcție longitudinală, în sensul de deplasare a purtătorului de sunet, se poate realiza în trei feluri : cu un cap de înregistrare inelar (toroidal), prevăzut cu un întrefier (fig. III-6 *a*), cu două piese polare care nu sînt așezate una în prelungirea celeilalte (fig. III-6 *b*) și cu o singură piesă polară (fig. III-6 *c*).

În fig. III-6 mai sînt reprezentate și cîmpurile statice care iau naștere în întrefierul capului de înregistrare, în cele trei cazuri. Se vede că, pe lîngă cîmpul predominant longitudinal apare și un cîmp transversal, mai ales înspre marginile întrefierului. În fig. III-7 este reprezentat cîmpul static ce ia naștere în întrefierul unui cap de înregistrare toroidal pentru magnetizarea longitudinală.

Din figură se vede că în locul unde liniile magnetice de forță ies și intră în întrefier — adică la muchiile acestuia — componenta transversală este maximă, iar în mijlocul întrefierului avem de a face cu o magnetizare longitudinală pură.

În aceeași figură se vede că liniile de forță magnetice încep să iasă chiar înainte de muchia întrefierului, astfel că lungimea efectivă a cîmpului magnetic este totdeauna mai mare decît lungimea fizică a întrefierului. Întrefierul efectiv, adică lungimea cîmpului magnetic, poate depăși cu 10—100%, întrefierul mecanic.

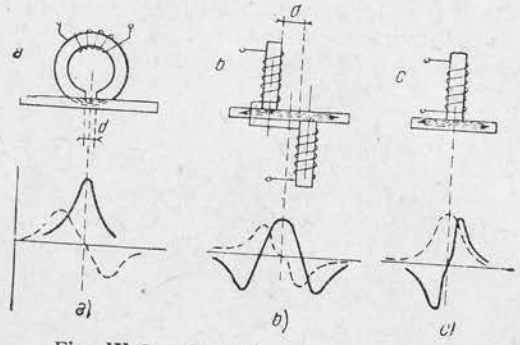


Fig. III-6. Magnetizarea longitudinală.
d. — lățimea întrefierului
—— — cîmp longitudinal
..... — cîmp transversal

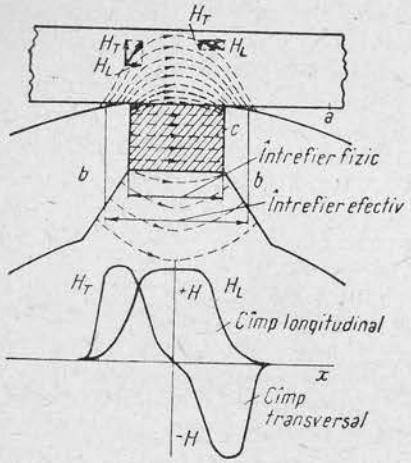


Fig. III-7. Cîmpul magnetic din întrefier:
a — bandă; *b* — miez din permalloy; *c* — material nemagnetic.

Acțiuńea componentei transversale a cîmpului de magnetizare este dăunătoare înregistrării, deoarece: pe de o parte magnetizează purtătorul în direcția transversală (nedorită), iar pe de altă parte modifică repartiția cîmpului din întrefier, care, pentru o bună înregistrare, trebuie să scadă rapid către marginile întrefierului; de aceea, componenta transversală trebuie să devină cît mai slabă în raport cu aceasta din urmă.

Componenta transversală a cîmpului de magnetizare este cu atît mai puternică, cu cît întrefierul capului este mai îngust, ceea ce constitiue o piedică serioasă la ștergerea benzilor supramodulate, cu ajutorul unui cap obișnuit de ștergere (caz destul de frecvent în exploatare).

Explicația acestui fenomen (după Krones) constă în faptul că atunci cînd un purtător de sunet este magnetizat prea puternic, adică supramodulat, apare pe lîngă magnetizarea longitudinală și o puternică magnetizare transversală. La trecerea prin fața capului de ștergere, care are un întrefier mult mai mare decît cel al capului de înregistrare și, deci, o altă repartiție a cîmpului, acțiunea lui de ștergere se manifestă numai asupra componentei longitudinale a cîmpului de magnetizare, fiind însă insuficientă pentru a anula și componenta puternică transversală, deoarece cîmpul de ștergere influențează această componentă numai în punctele unde liniile de forță ies din întrefier aproape perpendicular pe suprafața miezului; în a-

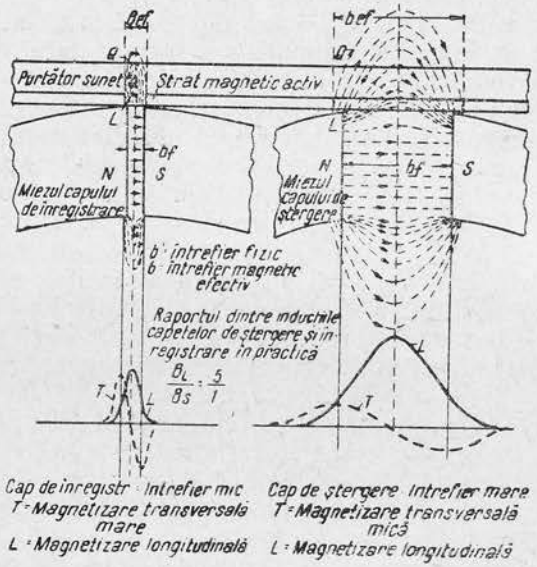


Fig. III-8. Magnetizarea longitudinală și transversală în capul de înregistrare și în cel de ștergere.

ceste locuri cîmpul de ștergere este însă prea slab (fig. III-8).

Astfel, purtătorul de sunet rămîne, după ștergere, cu o magnetizare corespunzătoare componentei transversale a cîmpului de înregistrare.

Capul de redare, care este construit la fel cu cel de înregistrare, este capabil să redea magnetizarea transversală deoarece lățimea întrefierului și repartiția cîmpului corespund cu cele ale capului de înregistrare.

O bandă supramodulată poate fi totuși ștearsă dacă ea este demagnetizată cu o bobină de ștergere foarte puternică, alimentată de la rețea. Cîmpul de dispersie puternic al acestei bobine, îndreptat în toate direcțiile, creează o componentă pentru demagnetizarea magnetizării transversale.

Dacă purtătorul de sunet a fost modulat normal, iar magnetizarea transversală datorită capului de înregistrare este redusă, ea poate fi complet înlăturată prin acțiunea capului de ștergere.

Pe lîngă lățimea întrefierului, repartiția cîmpului magnetic în întrefierul capului de înregistrare mai depinde și de raportul dintre permeabilitatea magnetică a purtătorului de sunet și cea a miezului capului de înregistrare. Dacă permeabilitatea purtătorului de sunet este mai mare în raport cu cea a miezului capului de înregistrare, atunci liniile de forță, care urmează un drum de reluctanță minimă, vor părăsi miezul capului mult înainte și după întrefierul fizic. Astfel vom obține un cîmp turtit și un întrefier efectiv mare. Cum vom vedea mai departe, această repartiție a cîmpului este o piedică la înregistrarea frecvențelor înalte.

Dacă, dimpotrivă, permeabilitatea purtătorului de sunet este mică în raport cu cea a miezului, liniile de forță vor părăsi miezul chiar în dreptul întrefierului fizic și cîmpul se va restrînge.

Este deci avantajos să se utilizeze purtătoare cu o permeabilitate relativă cît mai redusă ; permeabilitatea purtătorului însă nu trebuie să scadă sub cea a aerului, pentru ca fluxul util din întrefierul capului de înregistrare să prefere drumul prin purtător, drumului direct prin aer. Permeabilitatea relativă a purtătorului este cuprinsă de obicei între valorile 2 și 20. Cele expuse mai sus sînt ilustrate în fig III-9.

Un purtător de sunet magnetizat longitudinal, cu un semnal pur sinusoidal, poate fi considerat ca fiind compus dintr-o serie de magneți elementari a căror lungime este egală cu jumătate din lungimea de undă înregistrată (fig. III-10). Acești

așa-numiți „magneți în jumătate de lungime de undă" produc același cîmp ca și purtătorul de sunet magnetizat.

După aceste considerente generale asupra modurilor de magnetizare a purtătorului de sunet se vor descrie, în cele ce

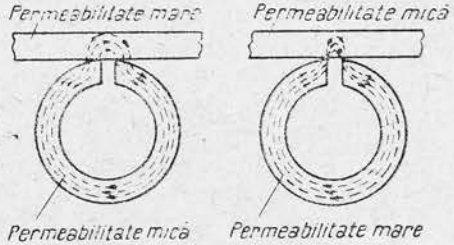


Fig. III-9. Cîmpul din întrefier pentru diferite permeabilități ale capului și ale purtătorului de sunet.

urmează, procesele fizice care intervin la înregistrarea unui semnal de audiofrecvență. Ordinea expunerii, adică: înregistrarea fără polarizare, înregistrarea cu polarizare de curent con-

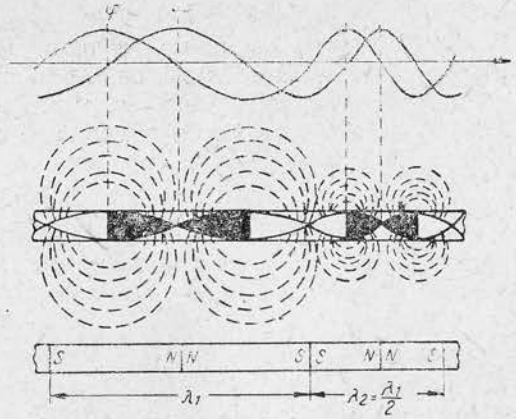


Fig. III-10. Distribuția fluxului magnetic într-un purtător de sunet în cazul înregistrării longitudinale a unor semnale sinusoidale.

tinuu și înregistrarea cu polarizare de înaltă frecvență, corespunde chiar cu ordinea cronologică a dezvoltării înregistrării sunetului pe cale magnetică.

4. INREGISTRAREA FARA POLARIZARE

Se ştie că un corp feromagnetic supus unui cîmp magnetizant H capătă o inducţie instantanee B; după dispariţia cîmpului, inducţia remanentă B_r a corpului respectiv este totdeauna mai mică decît valoarea instantanee B. Deoarece curba de primă magnetizare a unui purtător de sunet ne dă variaţia inducţiei instantanee şi nu a inducţiei remanente (singura care ne interesează) în funcţie de intensitatea cîmpului magnetizant, ea nu poate fi folosită la analizarea procesului de înregistrare, decît cu o oarecare transformare. Această transformare constă în trasarea unei curbe care să ne dea variaţia inducţiei remanente în funcţie de intensitatea cîmpului magnetizant, pornind de la curba de primă magnetizare a purtătorului de sunet (fig. III-11).

Această nouă caracteristică se numeşte curbă de transfer sau caracteristică de transfer. Diferenţa dintre curba de primă magnetizare şi curba de transfer constă, aşadar, în faptul că prima ne dă relaţia dintre inducţie şi intensitatea cîmpului, atîta timp cît aceasta acţionează, pe cînd cea de a doua ne dă relaţia dintre inducţie şi intensitatea cîmpului care a produs-o, după ce acţiunea cîmpului a încetat.

Dacă o particulă elementară neutră a purtătorului de sunet intră în cîmpul întrefierului, în momentul în care intensitatea cîmpului magnetic (proportională cu intensitatea curentului de modulaţie) este H_1, particula elementară se va magnetiza după curba de primă magnetizare, pînă la valoarea B_1 (fig. III-11). După părăsirea cîmpului întrefierului, particula va păstra o inducţie remanentă B_{r1}, determinată de o curbă minoră de histerezis. Particula neutră următoare, care intră în întrefier, va găsi un cîmp de magnetizare H_2 şi se va magnetiza pînă la valoarea B_2, păstrînd după ieşirea din întrefier o inducţie B_{r2} ş.a.m.d.

Ducînd din punctele B_{r1}, B_{r2}, B_{r3} ,... paralele la axa H şi din punctele H_1, H_2, H_3... paralele la axa B, intersecţiile acestor drepte vor determina o serie de puncte care, unite, formează chiar curba de transfer. Este de remarcat că aceasta reprezintă inducţia remanentă a fiecărei particule elementare a purtătorului de sunet, care a intrat în întrefier în stare neutră. Dacă particula elementară a purtătorului de sunet ar sta pe loc, iar cîmpul magnetizant în întrefier ar creşte de la H_1 la H_5, atunci particula ar căpăta succesiv valorile de inducţie

B_1 pînă la B_5, iar după încetarea acţiunii cîmpului, ea ar rămîne magnetizată cu inducţia remanentă Br_5.

Dacă purtătorul de sunet a fost în prealabil şters cu un cîmp continuu (adică adus la saturaţie), curba de transfer se va determina aşa cum se vede în fig. III-12. Din studiul proceselor magnetice, care au loc atunci materialul este supus unor cicluri de histerezis in apropierea curbei limită de histerezis (curba *a*, fig. III-12); rezultă că un cîmp magnetizant pozitiv, care tinde să ridice valoarea inducţiei, nu reuşeşte să producă decît variaţii mici ale inducţiei remanente (punctele reprezentative se găsesc în vecinătatea saturaţiei — vezi *1, 2, 3* pe curba de transfer *6)*. În schimb valorile negative ale cîmpului magnetizant tind să depărteze materialul de saturaţie şi produc variaţii apreciabile ale inducţiei remanente. Introducînd un semnal sinusoidal în capul de înregistrare, purtătorul de sunet va căpăta o inducţie remanentă reprezentată de curba *c*. Rezultă că la redare vor apărea puternice distorsiuni de neliniaritate caracterizate în special de armonica a doua.

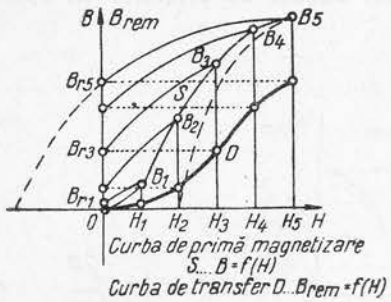


Fig. III-11. Determinarea curbei de transfer.

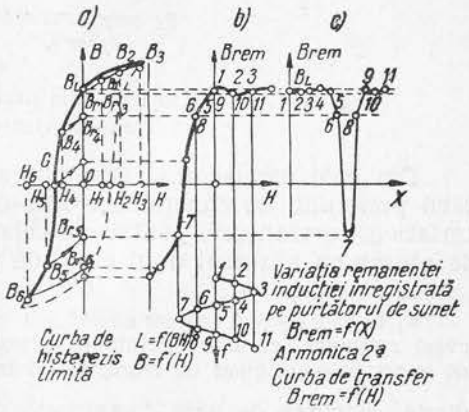


Fig. III-12. Inregistrarea unui purtător de sunet saturat, fără polarizare.

Considerînd cazul unui purtător de sunet neutru din punct de vedere magnetic (adică şters cu un cîmp alternativ) a cărui caracteristică de transfer este cea prezentată în fig. III-13 *b*, şi presupunînd că în capul de înregistrare s-a introdus un semnal sinusoidal S_1, inducţia

remanentă din purtătorul de sunet va avea forma curbei S_2. Această curbă nu este sinusoidală și ea va produce la redare puternice distorsiuni de neliniaritate, caracterizate în special de armonica a treia. Forma distorsionată a curbei inducției remanente se datorește înflecțiunii curbei de transfer în apropierea originii *).

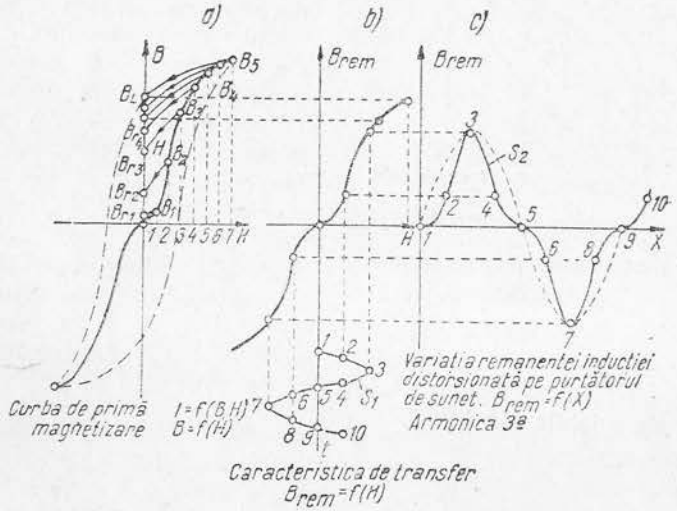


Fig. III-13. Înregistrarea unui purtător de sunet neutru fără polarizare.

Din cele expuse mai sus, apare limpede necesitatea mutării punctului de funcționare într-o porțiune liniară a caracteristicii de transfer, pentru ambele cazuri. Această deplasare se obține cu ajutorul unui cîmp de polarizare.

*) In cele de mai sus s-a considerat că în întrefier avem un cîmp, cvasi staționar, cu alte cuvinte că viteza de deplasare a purtătorului de sunet este suficient de mare, astfel încît la frecvențele cele mai ridicate, lungimea de undă înregistrată determinată de relația: $\lambda = \frac{V}{f}$ în care V este viteza de deplasare a purtătorului de sunet și f frecvența semnalului, să fie mare în raport cu lățimea întrefierului. Această presupunere, necesară pentru a putea considera că în timpul trecerii unei particule elementare prin întrefier, cîmpul nu-și schimbă valoarea, este realizată numai pentru frecvențe joase. La studiul distorsiunilor vom vedea ce efecte se produc la înregistrarea frecvențelor înalte.

5. INREGISTRAREA CU POLARIZARE DE CURENT CONTINUU

Înregistrarea cu polarizare de curent continuu se obține suprapunîndu-se un curent continuu, convenabil ales, unui curent de audiofrecvență din bobina capului de înregistrare. Curentul continuu dă naștere unui cîmp magnetizant continuu de polarizare, care schimbă punctul de funcționare al procesului de înregistrare. În cazul utilizării unui purtător de sunet

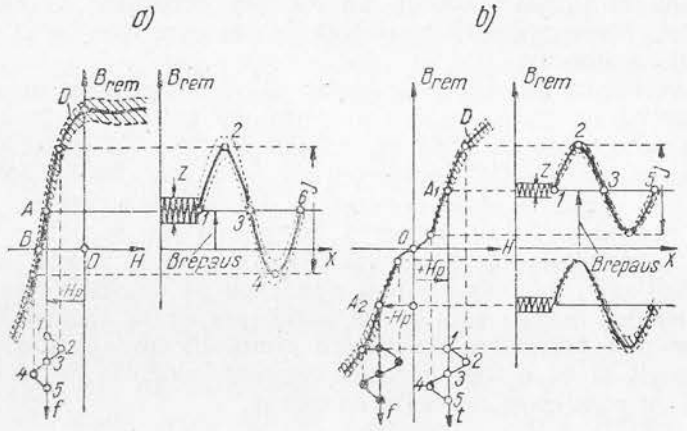


Fig. III-14. Polarizarea cu curent continuu:
a — purtător de sunet saturat; *b* — purtător de sunet neutru.

care a fost șters în prealabil cu ajutorul unui curent continuu, punctul de funcționare se alege în mijlocul porțiunii liniare a caracteristicii de transfer a purtătorului de sunet cu ajutorul unui cîmp de polarizare negativ (fig. III-14 *a*). Curentul de audiofrecvență suprapus curentului de polarizare, va crea în bandă o inducție remanentă proporțională cu semnalul, iar distorsiunile de neliniaritate vor fi reduse. Metoda este analogă cu aplicarea unei tensiuni continue de negativare pe grila de comandă a unui tub electronic, peste care se aplică tensiunea alternativă de comandă.

Dacă purtătorul de sunet este complet demagnetizat (șters cu curent alternativ), curentul de polarizare aplicat poate fi ales fie pozitiv, fie negativ, întrucît caracteristica de transfer prezintă două porțiuni liniare (fig. III-11 *b*).

Dezavantajele metodei de înregistrare cu polarizare de

curent continuu constau în apariția unor distorsiuni de neliniaritate încă destul de mari, (cca. 10%) și într-un nivel de zgomot ridicat. Distorsiunile de neliniaritate, care apar, se datoresc faptului că forma porțiunii de curbă de histerezis pe care se lucrează, este numai aproximativ rectilinie și o dată cu creșterea amplitudinii semnalului, cresc și distorsiunile de neliniaritate ; nivelul mare de zgomot apare deoarece purtătorul de sunet este în stare magnetizată, chiar în lipsa semnalului (fig. III-14). Magnetizarea în timpul lipsei semnalului de audiofrecvență provoacă un zgomot supărător la redare, din cauza neomogenității materialului din care este făcut purtătorul de sunet.

Acest ultim neajuns ar putea fi remediat prin alegerea unei astfel de valori pentru curentul de polarizare, încît inducția remanentă în lipsa semnalului să fie nulă (punctul de funcționare *B*, fig. III-14 *a*), dar, în acest caz, se micșorează porțiunea rectilinie utilă a curbei și trebuie să micșorăm amplitudinea semnalului; deoarece zgomotele nu se pot elimina perfect, raportul dintre semnalul util și zgomot scade. Datorită motivelor enumerate mai sus, cum și datorită efectului întrefierului, despre care se va vorbi mai tîrziu, metoda înregistrării cu polarizare de curent continuu nu s-a dezvoltat prea mult și ea a fost aproape complet înlocuită de înregistrarea cu polarizare de înaltă frecvență.

6. INREGISTRAREA CU POLARIZARE DE ÎNALTĂ FRECVENȚA

Din cele expuse, la descrierea înregistrării cu polarizare de curent continuu, rezultă că în lipsa semnalului apare un zgomot supărător, care micșorează dinamica înregistrării. Este deci necesar un sistem de polarizare care să lărgească dinamica și să reducă zgomotul, cel puțin în pauzele dintre semnale. Aceste cerințe au fost realizate cu ajutorul polarizării de înaltă frecvență, metodă care permite obținerea unei dinamici de cca. 60 db. Practic, transmisia unei înregistrări magnetice de înaltă calitate cu polarizare de înaltă frecvență a sunetului nu poate fi deosebită de o transmisie electroacustică luată „de pe viu".

Întrucît procesul înregistrării magnetice cu polarizare de înaltă frecvență este destul de complicat, se vor face la început cîteva ipoteze simplificatoare.

În primul rînd, se va presupune că forma repartiției cîmpului din întrefier este dreptunghiulară ; cîmpul magnetizant

crește deci de la zero la valoarea maximă foarte brusc, deci variază pe o distanță foarte scurtă, își păstrează această valoare pe toată lățimea întrefierului și revine apoi la zero pe o distanță tot așa de mică.

Dacă prin capul de înregistrare circulă numai curentul de polarizare, a cărui frecvență cade în afara spectrului sonor și a cărui amplitudine este mai mică decît cea a curentului de ștergere (deci nu atinge saturația), atunci pe un purtător de sunet (de exemplu o bandă), care trece prin fața capului, se va înregistra un semnal ultrasonic corespunzător. Dacă se folosește o bandă neutră, fenomenul va fi analog cu cel ilustrat în fig. III-13. Înregistrarea va fi distorsionată din cauza curburii caracteristicii de transfer în origină. Distorsiunile se caracterizează prin prezența armonicii a 3-a.

După părăsirea capului de înregistrare, fenomenul de autodemagnetizare, despre care vom vorbi mai tîrziu și care se manifestă cu atît mai puternic cu cît frecvența este mai mare, va atenua semnalele înregistrate. La redare, efectul întrefierului, despre care de asemenea vom vorbi și care e și el mai puternic la frecvențele înalte, va crea o nouă atenuare a semnalului de polarizare înregistrat. Întrucît banda de frecvențe a amplificatorului de redare nu se întinde pînă la 50—100 kHz, aceste frecvențe vor fi din nou considerabil atenuate ; astfel, la ieșirea din amplificatorul de redare vom obține niște semnale de înaltă frecvență de o tensiune foarte redusă, comparabilă cu nivelul zgomotului de fond. Presupunînd chiar că tensiunea semnalelor este mai mare decît tensiunea de zgomot, semnalele de pe bandă nu se vor auzi, întrucît frecvența lor este ultrasonică. Dacă, printr-un mijloc oarecare, deplasăm banda la redare cu o viteză mai mică, de exemplu cu a 10-a parte din viteza cu care a fost deplasată la înregistrare, atunci polarizarea poate fi auzită. În acest caz, un curent de polarizare de 100 kHz, se prezintă ca un curent de 10 kHz. La această frecvență de 10 kHz, efectul întrefierului la redare cauzează o atenuare mult mai mică și semnalul va fi auzit.

Acest fapt se poate controla la pornirea magnetofonului, dacă se redă o bandă pe care s-a înregistrat numai un curent de polarizare : la început se aude un fluierat a cărui frecvență crește și a cărui intensitate scade, pe măsură ce crește viteza benzii ; cînd aceasta atinge valoarea de regim, fluieratul dispare complet.

Dacă acum, în capul de înregistrare, curentului de polarizare de înaltă frecvență i se suprapune un curent continuu, atunci se obține în cap un curent alternativ sinusoidal asimetric ; înregistrarea se face analog cazului polarizării cu curent continuu (v. fig. III-14 *b*), iar semnalul de înaltă frecvență nu mai este distorsionat. Obținem deci o magnetizare continuă

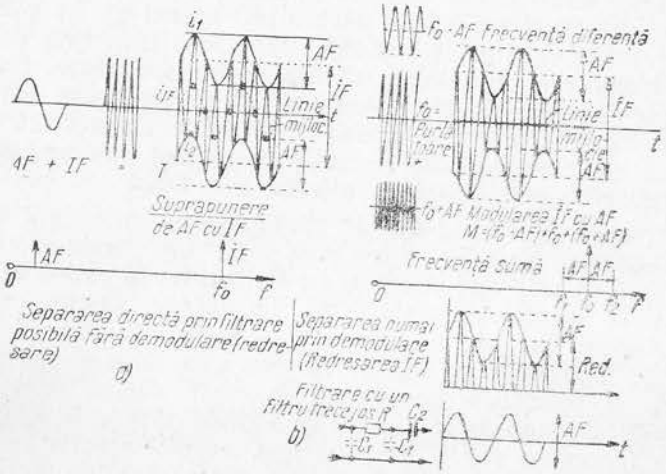


Fig. III-15. Suprapunerea și modularea oscilațiilor.

a benzii, căreia i se suprapune magnetizarea alternativă datorită cîmpului de înaltă frecvență ; aceasta din urmă este mult atenuată, datorită cauzelor analizate mai sus : rămîne numai efectul cîmpului continuu. Deoarece capul de redare este sensibil numai la variațiile inducției remanente, teoretic nu ar trebui să se aducă nimic la redare. Totuși se aude un zgomot (un fîșîit), provocat de neomogenitatea benzii, asemănător celui care apare la înregistrarea cu polarizare de curent continuu.

Să presupunem acum că în locul curentului continuu, se suprapune în capul de înregistrare un curent alternativ de audiofrecvență („modulația") peste curentul de polarizare de înaltă frecvență. Trebuie subliniat faptul că este vorba de o suprapunere a audiofrecvenței peste înalta frecvență, adică o însumare a celor doi curenți și nu o modulație. Dacă doi curenți sau două tensiuni de diferite frecvențe se amestecă cu ajutorul unui element cu o caracteristică liniară, atunci curentul

total nu va fi altceva decît suma, respectiv diferența celor doi curenți sau tensiuni în fiecare moment și nu apare nici o frecvență nouă (fig. III-15 *a*). Prin filtrarea celor doi curenți de frecvențe diferite, cu ajutorul unui filtru „trece-jos" de exemplu, ei se separă ușor.

Pentru cazul considerat mai sus (suprapunerea curentului de audiofrecvență peste cel de polarizare), valoarea instantanee a curentului de audiofrecvență este egală cu media aritmetică a valorilor instantanee ale curbei înfășurătoare adică $i_{AF} = \frac{i_1 + i_2}{2}$; prin urmare curba rezultantă nu va fi simetrică față de axă, iar cele două curbe înfășurătoare sînt mereu la aceeași distanță una de alta.

În cazul modulației, care are loc cînd amestecul celor doi curenți (de frecvență f_0 și AF) are loc pe o porțiune curbă a caracteristicii de lucru, semnalul total se poate descompune în trei componente : semnalul original de înaltă frecvență (fie acesta f_0) și altele două semnale, a căror frecvență reprezintă suma, respectiv diferența celor două semnale inițiale ($f_0 + AF$ și $f_0 - AF$). Separarea componentei de audiofrecvență poate fi făcută numai cu ajutorul unui element neliniar, adică printr-un redresor sau detector.

Așa cum se vede în fig III-15 *b*, înalta frecvență modulată este mereu simetrică față de axa absciselor.

Capul de înregistrare este alimentat deci cu un curent total, obținut prin suprapunerea unor oscilații de audio și de înaltă frecvență. Dacă presupunem viteza de deplasare destul de mare, sau lățimea întrefierului suficient de mică, curentul de audiofrecvență poate fi considerat continuu în timpul în care o particulă elementară a benzii străbate întrefierul.

În acest caz, pe bandă se vor înregistra ambele frecvențe. Curba inducției remanente înregistrată va fi determinată cu ajutorul caracteristicii de transfer pentru un purtător de sunet neutru și este reprezentată în fig. III-16. Din cauza curburii caracteristicii dinamice în regiunea originii, înalta frecvență va fi distorsionată (ca și în cazul cînd se înregistrează numai curentul de polarizare). Totuși curentul de audiofrecvență suprapus este nedistorsionat, pentru că valorile de vîrf ale semnalului total se așază pe porțiunile liniare ale caracteristicii de transfer. Valoarea instantanee a curbei de inducție rema-

nente de audiofrecvență se determină din semisuma valorilor instantanee ale curbei totale.

$$B_{rAF} = \frac{B_{r1} + B_{r2}}{2}.$$

Din Fig. III-16 se poate vedea că deși curentul de polarizare înregistrat este pe alocuri puternic distorsionat, curentul de audiofrecvență înregistrat pe bandă este nedistorsionat.

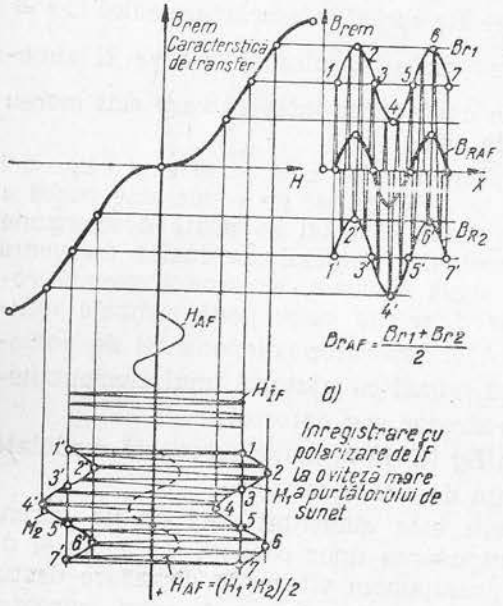


Fig. III-16. Inregistrarea cu polarizare de înaltă frecvență.

Totuși, dacă curentul de polarizare de înaltă frecvență produs de generatorul de polarizare se prezintă ca o curbă nesimetrică datorită armonicii a 2-a, deci dacă semnalul de polarizare conține o componentă, de curent continuu, aceasta se înregistrează pe bandă si induce în capul de redare din cauza neomogenității benzii, un zgomot puternic. Despre aceasta vom mai reveni la cap. VII.

Metoda înregistrării cu polarizare de înaltă frecvență face ca pe bandă să se înregistreze, pe lîngă semnalul de audiofrecvență, și cel de polarizare. Acesta din urmă nu este însă supărător, întrucît, avînd o frecvență ridicată, nu poate fi auzit. Totuși, pentru că amplitudinea sa este de 2—3 ori mai mare decît amplitudinea curentului de audiofrevență (cum vom arăta mai tîrziu) și deoarece amplificatorul de redare este dimensionat pentru curentul de audiofrecvență maxim, s-ar putea produce distorsiuni ale acestuia ; este, deci, necesar să se prevadă un filtru trece-jos, conectat după capul de redare, care să atenueze curentul de înaltă frecvență.

Pe baza relației $B_{rAF} = \frac{B_{r_1} + B_{r_2}}{2}$ se poate construi o nouă caracteristică de transfer, care reprezintă direct relația dintre cîmpul de audiofrecvență și inducția remanentă, pentru un anumit curent de polarizare de înaltă frecvență.

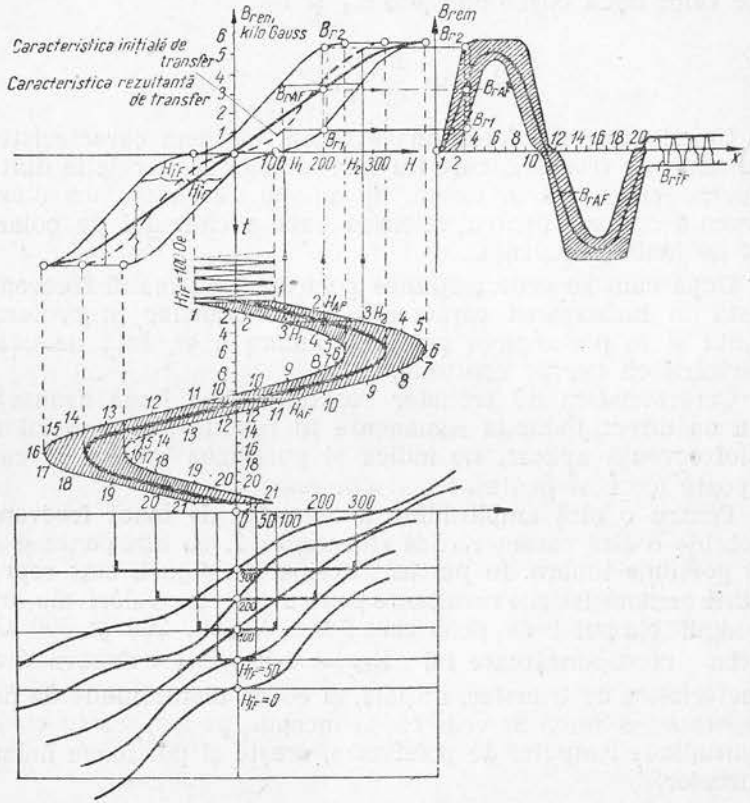


Fig. III-17. Inregistrarea cu polarizare de înaltă frecvență. Determinarea caracteristicii rezultante de transfer $B_{rAF} = f(H_{AF}, H_{IF})$ din caracteristica inițială de transfer $B_r = f(H)$

Această construcție este reprezentată în fig. III-17 și se bazează pe faptul că acțiunea cîmpului de audiofrecvență are ca rezultat mutarea punctelor mijlocii ale sinusoidei reprezentînd polarizarea de înaltă frecvență, la dreapta și la stînga,

pe caracteristica de transfer B_r . De aceea, pentru a obține caracteristica de transfer rezultantă, mutăm caracteristica de transfer inițială (pe care o numim astfel ca să o deosebim de noua caracteristică obținută) la dreapta și la stînga originii axelor de coordonate, cu o valoare egală cu amplitudinea cîmpului de polarizare utilizat și determinăm apoi semisuma ordonatelor celor două curbe obținute B_{r1} și B_{r2}.

$$B_{rAF} = \frac{B_{r1} + B_{r2}}{2}.$$

Unind punctele determinate astfel, obținem caracteristica rezultantă de transfer, care nu este altceva decît relația dintre inducția remanentă în bandă, în funcție de cîmpul de audiofrecvență aplicat, pentru valoarea dată a cîmpului de polarizare de înaltă frecvență.

După cum se vede, acțiunea polarizării cu înaltă frecvență constă în liniarizarea caracteristicii de transfer în regiunea originii și în prelungirea porțiunii liniare a ei, față de cazul polarizării cu curent continuu.

Caracteristica de transfer rezultantă, pe lîngă avantajul de a da direct inducția remanentă în funcție de semnalul de audiofrecvență aplicat, ne indică și porțiunea liniară pe care se poate lucra și panta acestei porțiuni.

Pentru o altă amplitudine a cîmpului de înată frecvență se obține o altă caracteristică rezultantă 2, cu altă pantă și cu altă porțiune liniară. În partea inferioară a figurii sînt reprezentate caracteristicile rezultante pentru diferite valori ale amplitudinii cîmpului de polarizare : 0, 50, 100, 200 și 300 Oe. (Curba corespunzătoare lui $H_{iF} = 0$ nu este altceva decît caracteristica de transfer, inițială, și ea dă distorsiunile de neliniaritate maxime.) Se vede că, la început, pe măsură ce crește amplitudinea cîmpului de polarizare, crește și porțiunea liniară a curbelor.

Pentru o anumită valoare a polarizării, această porțiune liniară este maximă, deci vom putea înregistra semnale de amplitudine mare cu distorsiuni mici. În cazul cînd caracteristica inițială are forma din figură, această valoare este de 100 Oe.

Crescînd mai departe cîmpul de polarizare, porțiunea liniară a caracteristicii rezultante se micșorează, iar panta ei crește (ceea ce corespunde cu o tensiune mare la redare, dar cu distorsiuni puternice). Mărind și mai mult cîmpul de polarizare, porțiunea liniară crește din nou, însă panta scade.

Cele expuse mai sus sînt reprezentate și în fig. III-18 unde apar variațiile tensiunii de redare și a factorului de distorsiuni de neliniaritate, în funcție de valoarea curentului de polarizare de înaltă frecvență. Se vede că minimul distorsiunilor de neliniaritate nu are loc la aceeași valoare a curentului de polarizare pentru care avem maximul tensiunii de redare. Distorsiunile de neliniaritate minime corespund cu un punct de pe ramura ascendentă și cu unul de pe ramura descendentă a curbei tensiunii de redare ; deoarece primul minim cade între două ramuri cu pantă mare ale curbei de distorsiuni de neliniaritate, rezultă că o mică variație a curentului de polarizare (de exemplu din cauza îndepărtării accidentale de capul de înregistrare), provoacă creșteri mari ale distorisiunilor de neliniaritate. Din această cauză, în practică se utilizează un curent de polarizare mai mare (de 2—3 ori mai mare decît valoarea curentului de audiofrecvență), care corespunde celui de-al doilea minim al distorsiunilor de neliniaritate. Desi tensiunea de redare este în acest caz mai mică, soluția este totuși mai avantajoasă din cauza unei stabilități de funcționare mai mari. Cele două curbe sînt mai plate și o mică modificare întîmplătoare a polarizării nu provoacă variații mari ale distorsiunilor de neliniaritate. O creștere mai mare a curentului de polarizare nu se recomandă, deoarece ar provoca o mărire a efectului întrefierului la înregistrare (despre care se va vorbi mai tîrziu în mod amănunțit) : într-adevăr, o intensitate mai mare a cîmpului de polarizare în fața întrefierului produce o mărire a lățimii efective a întrefierului, o dispersie mai mare a cîmpului în fața acestuia și o aplatizare a formei distribuției cîmpului, ceea ce are ca efect o demagnetizare parțială a semnalului după înregistrare, mai accentuată la frecvențe înalte.

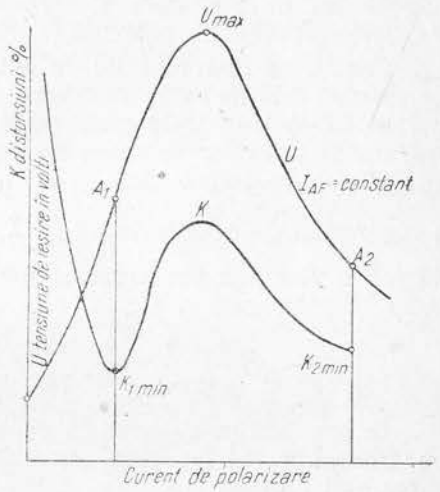


Fig. III-18 Tensiunea de redare și distorsiunile de neliniaritate în funcție de curentul de polarizare.

Desigur că alegerea punctului de funcționare optim este în practică mai dificilă decît modul cum a fost expus în cele de mai sus, datorită faptului că variația curentului de polarizare influențează și alți factori, în afară de distorsiunile de neliniaritate, ca : zgomotele, banda de frecvențe transmisă, efectul de copiere. De aceea, în cap. IV se va reveni la această problemă, cu ocazia descrierii caracteristicilor benzilor.

Pe lîngă amplitudinea curentului de polarizare, o problemă importantă o constituie și alegerea corespunzătoare a frecvenței curentului de polarizare.

Pentru ca distorsiunile de neliniaritate să fie cît se poate de reduse, trebuie ca în întrefierul capului de înregistrare, cîmpul să scadă treptat la zero. Dacă de exemplu vrem ca în jumătate de întrefier să avem 5 schimbări de frecvență, iar lungimea întrefierului este de 40 μ, atunci lungimea de undă a curentului de polarizare va fi : $\lambda = \frac{20}{5} = 4\,\mu$ În acest caz, admițînd o viteză a purtătorului de 76,2 cm/s, frecvența curentului de polarizare va fi :

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{760}{4 \cdot 10^{-3}} = 190 \text{ kHz}.$$

În practică însă, avînd în vedere că pierderile în cap cresc cu frecvența, se lucrează cu o frecvență de 80—100 kHz și chiar mai redusă.

O frecvență ridicată a curentului de polarizare mai este necesară și din altă cauză și anume :

Din cauza neliniarității caracteristicii de transfer rezultante (care nu poate fi considerată nici o dată perfect liniară), apar distorsiuni de neliniaritate ale inducției remanente de audiofrecvență, adică apar armonici superioare și tonuri de combinație. Cele mai neplăcute sînt semnalele, care apar din cauza interferenței dintre armonicile semnalului de audio și frecvența de polarizare ; acest fenomen dă naștere printre altele unor tonuri, a căror frecvență este diferența dintre frecvența armonicilor superioare ale curentului de audiofrecvență și frecvența curentului de polarizare. Dacă de exemplu frecvența curentului de polarizare este de 50 kHz, iar frecvența audio este de 10 kHz, diferența dintre armonicile acesteia (a 2-a, a 3-a, a 4-a și a 5-a) și frecvența de polarizare vor fi respectiv : 30 kHz, 20 kHz, 10 kHz și 0 Hz.

Dacă însă frecvența audio se depărtează puțin de 10 kHz,

tonul diferență care apare din cauza armonicii a cincea nu mai are frecvență nulă, ci o frecvență audibilă, la care urechea este foarte sensibilă (de exemplu, la 9 800 Hz, armonica a 5-a este de 49 kHz ; diferența pînă la 50 kHz este de 1 000 Hz, un ton de frecvență audibilă, foarte supărător). Pentru a evita aceste fenomene neplăcute, se caută să se lucreze cu distorsiuni cît mai reduse (în acest caz, armonica a cincea din exemplul de mai sus este foarte mică) și cu polarizări de frecvență înaltă (pentru ca fonemonele de interferență să aibă loc cu armonici de ordin ridicat ale semnalului audio, care sînt slabe).

7. REDAREA

La redare, purtătorul de sunet magnetizat se deplasează în fața capului de redare cu aceeași viteză cu care a fost înre-

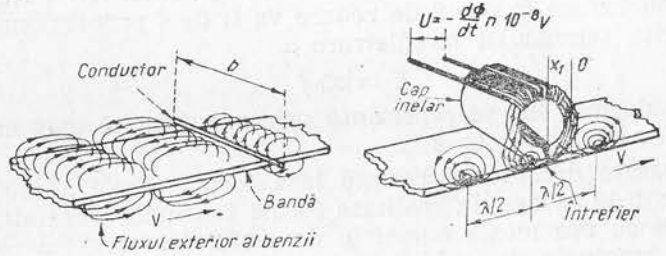


Fig. III-19. Fenomenul de redare.

gistrat. Variațiile de flux din purător induc în bobina capului de redare tensiuni a căror frecvență corespunde semnalelor înregistrate. La redare — ca și la înregistrare — se utilizează capete toroidale. Capetele de redare toroidale sînt construite în mod similar cu cele de înregistrare, cu deosebirea că întrefierul este mai mic decît la primele.

La procesul de redare, întrefierul capului obligă liniile de forță magnetice care ies din purtător să se închidă prin miezul capului, deoarece reluctanța acestuia este mai mică decît reluctanța corespunzătoare a aerului și a benzii (fig. III-19).

Construcția capului de redare trebuie să asigure fidelitatea semnalelor induse de remanența benzii. Dacă această condiție nu este îndeplinită, apar la redare distorsiuni de frecvență și de neliniaritate. Distorsiunile de neliniaritate care apar în procesul

de redare sînt eliminate prin mijloace simple ; un rol mult mai mare îl joacă distorsiunile de frecvență.

Ur purtător care are inducția remanentă repartizată sinusoidal de-a lungul lui, deplasîndu-se în fața capului de redare, va induce în acesta tensiunea :

$$E = k\,\frac{d\Phi}{dt} = k\Phi_0 f \cos 2\pi ft = E_0 \cos \omega t,$$

în care : E_0 este amplitudinea tensiunii induse în cap ;
Φ_0 — amplitudinea fluxului magnetic din cap, datorit purtătorului ;
f — frecvența tensiunii induse ;
$\omega = 2\pi f$ — pulsația tensiunii induse.

Presupunînd liniară caracteristica de înregistrare a purtătorului, amplitudinea fluxului magnetic Φ_0 rămîne constantă, independent de lungimea de undă înregistrată. Amplitudinea tensiunii induse în capul de redare va fi deci proporțională cu frecvența semnalului înregistrărn :

$$E_0 = k\Phi_0 f$$

Relația de mai sus se reprezintă printr-o dreaptă care are o pantă de 6 db pe octavă *).

Această dreaptă reprezintă însă forma ideală a tensiunii din capul de redare. În realitate forma tensiunii arată altfel și coincide cu cea ideală numai în domeniul frecvențelor joase. Cu cît lungimile de undă înregistrate sînt mai mici, cu atît deosebirea între forma reală a curbei și între cea ideală este mai pronunțată, iar începînd de la o anumită frecvență, curba începe să marcheze o cădere. Acest fenomen se datorește mai multor factori pe care îi vom examina în paragrafele următoare.

8. DISTORSIUNI ȘI PERTURBAȚII ÎN PROCESUL DE ÎNREGISTRARE ȘI DE REDARE MAGNETICĂ

În procesul de înregistrare și de redare magnetică apar o serie de fenomene perturbatoare, dintre care se vor studia mai amănunțit următoarele :

*) Se știe că la o octavă, frecvența se dublează. Raportul celor două tensiuni în db va fi :

$$A\text{db} = 20 \log \frac{E_2}{E_1} = 20 \log \frac{2}{1} = 6.$$

a) distorsiunile de frecvență ;
b) distorsiunile de neliniaritate ;
c) zgomotele (inclusiv efectul de copiere).

Aceste distorsiuni și zgomote au ca efect limitarea benzii de frecvențe transmise și a dinamicii înregistrării.

În cele ce urmează le vom studia pe rînd, împreună cu cauzele care le produc.

a) Distorsiuni de frecvență

Distorsiunile de frecvență care apar în procesul înregistrării și al redării magnetice a sunetului se datoresc următoarelor cauze :

— efectului întrefierului capului de înregistrare ;
— efectului de autodemagnetizare ;
— efectului de suprafață și al micșorării permeabilității efective a miezului capetelor magnetice în funcție de frecvență :
— efectului aderenței imperfecte a purtătorului de cap ;
— dimensiunii finite a întrefierului capului de redare :
— înclinării relative a capului de înregistrare și de redare ;
— efectului de torsiune (numai la sîrme).

Din efectele enumerate mai sus, primele două apar în procesul de înregistrare, iar ultimele în procesul de redare ; toate se manifestă într-o măsură cu atît mai mare cu cît lungimea de undă înregistrată este mai mică, — adică cu cît frecvența este mai mare la o viteză dată a purtătorului de sunet — sau cu cît viteza purtătorului este mai mică, la o valoare constantă a frecvenței semnalului înregistrat.

Efectul întrefierului capului de înregistrare

A) *Efectul întrefierului la înregistrarea cu polarizare de curent continuu.*

Atunci cînd s-a expus metoda înregistrării magnetice cu polarizare de curent continuu, s-a presupus că lungimea întrefierului capului de înregistrare este foarte mică în raport cu cea mai mică lungime de undă înregistrată, cu alte cuvite că intensitatea cîmpului magnetizant de audiofrecvență nu variază în timpul trecerii unei particule elementare prin întrefier (proces cvasistaționar). Această presupunere nu se realizează însă în practică, pe de o parte pentru că un întrefier prea îngust

este greu de realizat și, pe de altă parte, pentru că o viteză prea mare a purtătorului de sunet ar avea ca rezultat un consum mare de purtător, deci o soluție neeconomică.

Astfel, de exemplu, la o viteză de 76,2 cm/s a purtătorului de sunet și o lungime de întrefier de 40 μ, o particulă elementară rămîne în fața întrefierului timp de $\frac{0{,}04}{762} \simeq 50$ μs. În acest timp (50 μs), la o frecvență de 10 000 Hz a semnalului de înregistrat, curentul parcurge o jumătate de perioadă ; cu alte cuvinte lungimea întrefierului este egală cu jumătate din lungimea de undă înregistrată pe purtător. În consecință componenta de audiofrecvență a cîmpului magnetic va varia de exemplu de la maximum pozitiv la minimum negativ în timpul cît particula elementară se mișcă în fața întrefierului capului de înregistrare. Întrucît, la înregistrarea cu polarizare de curent continuu, sensul cîmpului de polarizare este totdeauna același, remanența este determinată mereu de valoarea maximă pozitivă pe care o ia cîmpul magnetic total în timpul cît particula parcurge cîmpul de înregistrare. Dacă însă cîmpul magnetic, în timpul trecerii unei particule elementare prin întrefier se schimbă, particula elementară va fi magnetizată cu valoarea corespunzătoare cîmpului maxim, adică cu $H_p + H_{max}$, în care H_p este valoarea cîmpului de polarizare, iar H_{max}, este amplitudinea cîmpului semnalului.

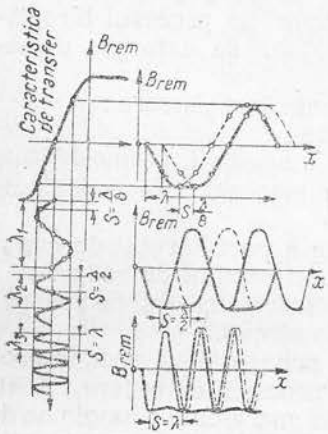


Fig. III-20. Efectul întrefierului la înregistrarea cu polarizare de curent continuu.

Astfel, de exemplu dacă curentul de audiofrecvență are valoarea maximă pozitivă în momentul intrării particulei elementare în cîmp, ea se magnetizează din primul moment pînă la valoarea maximă și apoi zadarnic scade cîmpul total din întrefier la valoarea $H_p - H_{max}$, întrucît remanența magnetică a particulei elementare va fi cea corespunzătoare curentului maxim.

În fig. III-20 este reprezentat grafic efectul întrefierului la înregistrarea cu polarizare de curent continuu. Se observă

că în locul unor curbe de remanență sinusoidale — corespunzătoare semnalului de audiofrecvență — apar niște curbe distorsionate (curbele din dreapta). Acestea au fost obținute desenînd două sinusoide normale decalate cu valoarea $s = x\lambda$ (s = lățimea întrefierului), unde x este un număr întreg sau fracționar. Dacă tăiem aceste două curbe cu o linie verticală, obținem două puncte, care corespund valorilor curentului de audiofrecvență în momentul intrării, respectiv ieșirii elementului din întrefier. Deoarece magnetismul remanent de pe bandă corespunde totdeauna valorii maxime a cîmpului total, se alege întotdeauna valoarea cea mai mare a remanenței reprezentate de curbe (liniile îngroșate).

Se vede că pentru $s = \lambda$, curba remanenței devine aproape o linie dreaptă. Întrucît, numai o variație de remanență induce o f.e.m. în capul de redare, rezultă că pentru aceste frecvențe, redarea va fi nulă. Aceasta înseamnă că efectul întrefierului la înregistrarea cu polarizare de curent continuu are ca rezultat nu numai o distorsionare a semnalului, ci și o atenuare a acestuia pe măsura creșterii frecvenței.

Frecvența semnalului a cărui lungime de undă (pentru o viteză de deplasare dată) este egală cu lățimea întrefierului capului de înregistrare se numește frecvență limită la înregistrarea cu polarizare de curent continuu.

Frecvența aceasta și frecvențele mai mari ca ea nu pot fi înregistrate decît prin creșterea vitezei benzii, care este însă limitată de considerentele economice expuse mai sus.

Rezultă că, pe lîngă zgomotele puternice pe care le cauzează din cauza neomogenității benzii, înregistrarea cu polarizare de curent continuu suferă din cauza distorsiunilor datorite efectului întrefierului de înregistrare. Acestea sînt de altfel și cauzele pentru care această metodă de înregistrare nu mai este azi aproape de loc utilizată.

B) *Efectul întrefierului la înregistrarea cu polarizare de înaltă frecvență.* La descrierea sumară a înregistrării cu polarizare de înaltă frecvență s-a presupus că valoarea semnalului de audiofrecvență nu variază în timpul trecerii unei particule elementare a purtătorului de sunet prin fața întrefierului capului de înregistrare. În afară de aceasta, s-a presupus că cîmpul magnetic static al capului de înregistrare are o formă abruptă. În cazul cînd nu mai considerăm constantă valoarea semnalului de audiofrecvență în timpul trecerii unei particule elementare prin întrefier (adică presupunem că lățimea întrefierului este comparabilă cu lungimea de undă înregistrată),

însă considerăm mai departe cîmpul static în întrefier ca fiind abrupt, atunci distorsiunile semnalului vor fi mult mai mici decît cele care apar în cazul polarizării cu curent continuu. Deoarece cîmpul de magnetizare al unei particule elementare nu este continuu, ci este alternativ, magnetizarea corespunzătoare valorii precedente a componentei de audiofrecvență se anulează și particula părăsește întrefierul capului totdeauna cu remanența corespunzătoare cîmpului magnetic din momentul plecării.

Pentru ca cele spuse mai sus să fie valabile, frecvența polarizării trebuie să fie de cîteva ori mai mare decît cea mai înaltă frecvență audio. Dacă această condiție nu este respectată, apar distorsiuni de neliniaritate, datorite unui fenomen destul de complicat, a cărui descriere depășește cadrul acestei lucrări (histerezis asimetric).

În realitate, nu se poate construi un cap magnetic al cărui cîmp magnetic în întrefier să aibă forma abruptă presupusă anterior. Din cauza formei capului, a materialului capului și al benzii, și a valorii intensității curentului de polarizare care trece prin cap, cîmpul se aplatizează (se turtește) mai mult sau mai puțin și totdeauna există o porțiune de „stingere" a cîmpului după atingerea valorii maxime. Lungimea „stingerii" este acea distanță în care intensitatea cîmpului scade la o zecime din valoarea sa maximă.

Această turtire a cîmpului magnetic al capului de înregistrarea are ca efect o micșorare a amplitudii înregistrării, cu atît mai mult, cu cît lungimea de undă înregistrată este mai mică.

După cum s-a văzut mai sus, acest efect depinde de forma cîmpului static în întrefier *) și nu depinde direct de lățimea întrefierului. Deoarece, însă, variația lățimii întrefierului este însoțită și de o variație a scăderii intensității cîmpului magnetic (adică a lungimii „stingerii" cîmpului), efectul dat depinde în mod indirect de lățimea întrefierului capului de înregistrare.

La înregistrarea frecvențelor înalte, scăderea lină a intensității cîmpului (după vîrful intensității cîmpului static al capului de înregistrare) duce la faptul că particula elementară în mișcare, ieșind din porțiunea cu intensitate maximă, este supusă acțiunii unui cîmp magnetic alternativ descrescător. Datorită acestui fapt, are loc o oarecare demagnetizare a benzii

*) adică de caracterul scăderii intensității după atingerea vîrfului de intensitate, în sensul mișcării purtătorului de sunet.

și deci o scădere a amplitudinii inducției remanente ; această scădere este cu atît mai mare cu cît lungimea de undă a semnalului înregistrat (în raport cu lungimea „stingerii" cîmpului magnetic static din întrefier) este mai mică. La înregistrarea sunetelor cu frecvențe joase și medii, efectul de demagnetizare este atît de mic, încît înregistrarea poate fi considerată ca lipsită de orice fel de distorsiuni de frecvență.

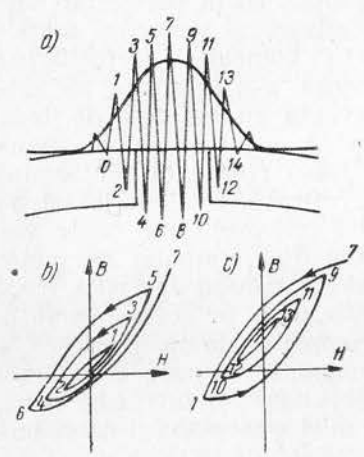


Fig. III-21. Variația intensității cîmpului magnetic pentru lungimi de undă mari :

a — în capul de înregistrare ; *b* — curba ciclică de magnetizare a unui element de bandă demagnetizat care vine spre cap, pînă în axul întrefierului ; *c* — idem, de la ax pînă la margine (deci la ieșirea din întrefier)

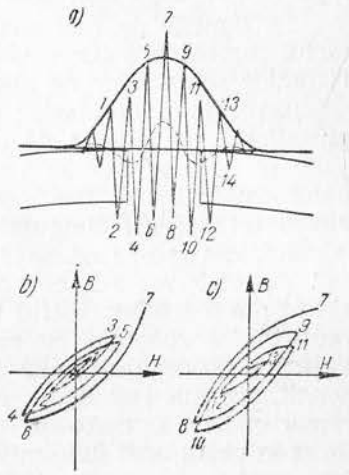


Fig. III-22. Variația intensității cîmpului magnetic în capul de înregistrare pentru lungimi de undă mici.

Cînd lungimea porțiunii de „stingere" a cîmpului magnetic static din întrefier este mare (adică cîmpul scade în mod lin și nu brusc), iar lungimea de undă e mică, efectul de demagnetizare capătă o valoare apreciabilă.

Fig. III-21 și III-22 reprezintă grafic efectul de mai sus. În partea superioară a acestor figuri se reprezintă variația intensității cîmpului magnetic al capului de înregistrare în cazul înregistrării semnalelor cu lungime de undă relativ mare (fig III-21) și cu lungime de undă relativ mică (fig. III-22). Curbele

groase reprezintă forma cîmpului magnetic static *), cele subțiri — cîmpul magnetizant total — iar cea punctată — variația cîmpului, datorită unei frecvențe audio mari.

In partea inferioară a acestor figuri sînt date curbele ciclice de magnetizare a particulei elementare pentru cazul deplasării ei de la muchia din stînga a întrefierului în axul lui (figura din stînga) și din axul întrefierului pînă la muchia din dreapta — (figura din dreapta), adică atingera stării magnetice finale a particulei, după ieșirea ei din cîmpul capului.

În figurile de mai sus s-a presupus cazul particular cînd vîrful intensității curentului de polarizare și vîrfurile amplitudinilor semnalelor de audiofrecvență coincid cu vîrfurile intensității cîmpului static ; de asemenea, s-a presupus, că amplitudinile semnalelor de audiofrecvență cu lungime de undă mică și cu lungime de undă mare au aceeași valoare. Semnalul total (înaltă frecvență plus joasă frecvență) determină curba intensității cîmpului care e formată, în limitele întrefierului, din cîteva oscilații de înaltă frecvență, ale căror valori de vîrf variază conform distribuției cîmpului magnetic static din întrefier. Vîrful maxim al semnalului de înaltă frecvență total coincide cu axul întrefierului. În aceste condiții, datorită procesului ciclic foarte complicat de magnetizare a benzii, aceasta ieșind din cîmpul magnetic va avea o inducție remanentă mai mare în cazul unei lungimi de undă mari, decît în cazul unei lungimi de undă mici a semnalului de audiofrecvență.

Efectul de autodemagnetizare

Autodemagnetizarea înregistrării magnetice se manifestă prin micșorarea inducției remanente din purtătorul de sunet, după ce înregistrarea a fost efectuată, iar purtătorul nu mai are nici un contact cu capul de înregistrare.

Efectul de autodemagnetizare depinde de inducția remanentă, de proprietățile magnetice ale purtătorului de sunet și de lungimea de undă a semnalelor înregistrate (deci de frecvența acestora).

Referindu-ne la fig. III-10 se vede că polii de același nume ai magneților elementari în jumătate lungime de undă sînt așezați cap la cap ; dacă frecvența semnalului înregistrat,

*) Cîmpul produs de un cap parcurs de un curent continuu se numește cîmp static.

crește, lungimea lor scade și apare un fenomen de scădere a magnetizării, din cauza apropierii polilor de nume contrar a doi magneți elementari diferiți.

Fluxul magnetic se închide mai ușor prin bandă, decît prin aer, deoarece distanța pînă la primul pol de nume contrar este mică la frecvențe înalte. Ori, fluxul util, care poate induce tensiunea de audiofrecvență în capul de redare este tocmai fluxul superficial care circulă în exteriorul benzii ; fenomenul descris antrenează deci o scădere a semnalului la redare.

Lucrurile se întîmplă ca și cum magnetismul remanent ar fi scăzut din pricina apariției unui cîmp de sens contrar care se opune cîmpului magnetic inițial ; acest cîmp antagonist fictiv poartă numele de cîmp demagnetizant Hd.

Fenomenul de demagnetizare apare și în cazul magneților izolați, de lungime scăzută. Fenomenul este destul de complicat ; o explicație simplă ar fi următoarea : la un magnet scurt, forța magnetomotoare (care tinde să păstreze remanența magnetului) este mică față de reluctanța totală a circuitului magnetic, care, la un magnet scurt, se compune mai mult din aer (permeabilitate mică) decît din fier (permeabilitate mare).

Din cele de mai sus rezultă că un magnet relativ scurt și gros se demagnetizează mai mult, decît unul lung și subțire; cu alte cuvinte, efectul de demagnetizare depinde de raportul dintre lungimea de undă înregistrată și grosimea purtătorului $\left[\frac{\lambda}{b}\right]$ și scade o dată cu creșterea acestui raport.

În ceea ce privește proprietățile magnetice ale purtătorului, se poate prevedea teoretic și dovedi pe cale experimentală, că pentru a reduce efectul de autodemagnetizare, raportul $\frac{H_c}{B_r}$ (forță coercitivă către inducție remanentă maximă) trebuie să fie cît mai mare. Fără îndoială însă, că forța coercitivă nu se poate mări exagerat, deoarece apar dificultăți la ștergerea înregistrării.

În fig. III-23 este reprezentat efectul de autodemagnetizare în cazul unei înregistrări cu polarizare de curent continuu. Valorile inducțiilor remanente B_{r_1} și B_{r_2} scad, datorită automagnetizării, la valorile B_{r_1} și B_{r_2} după ce particulele elementare ale benzii ies de sub acțiunea capului de înregistrare.

Lucrurile se petrec ca și cum curbele minore de histerezis nu ar ajunge la axa ordonatelor, pentru a da inducțiile remanente Br_1 și Br_2, ci s-ar opri la o altă axă, înclinată față de axa ordonatelor cu un unghi α. Cu cît acest unghi este mai mare, cu atît inductia remanentă reală B_{r_1}' (respectiv B_{r2}') este mai mică, deci cu atît atenuarea frecvențelor înalte, datorită demagnetizării, este mai accentuată.

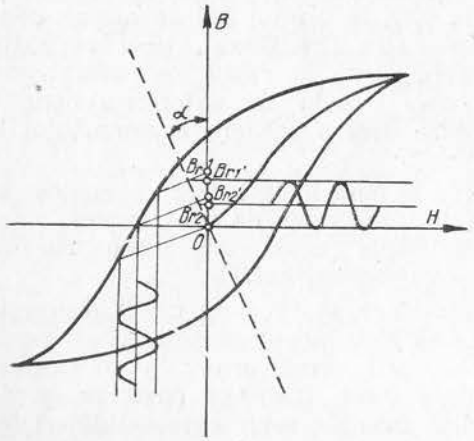


Fig. III-23. Efectul de autodemagnetizare pentru cazul unei înregistrări cu premagnetizare de curent continuu.

După cum s-a mai arătat, proprietătile magnetice ale purtătorului au o mare influență asupra autodemagnetizării. Materialele magnetice cu o forță coercitivă mare sînt mai puțin sensibile la autodemagnetizare decît cele cu o forță coercitivă mică. Raportul dintre forța coercitivă și remanența magnetică maximă este o mărime hotărîtoare pentru calitatea înregistrării.

Pentru a obține o bună redare a frecvențelor înalte și un nivel de înregistrare ridicat, este avantajos să alegem un material la care raportul dintre forța coercitivă și remanența magnetică este cît mai mare. Dintre două materiale, la care raportul între forta coercitivă și remanență este același, este de preferat acela care are valorile absolute mai mari, caci va da un nivel mai mare la ieșire (datorită remanenței mari) și va opune, în același timp, o rezistență mai mare autodemagnetizării sau unei demagnetizări provocate de cîmpuri exterioare incidentale (datorite forței coercitive mari). Legătura dintre autodemagnetizare și lungimea de undă înregistrată (frecvența sunetului) este ilustrată în fig. III-24.

Din această figură se vede că pentru o curbă de histerezis dată și pentru o viteză de deplasare de asemenea dată, fiecărei lungimi de undă (frecvență) îi corespunde o altă dreaptă de autodemagnetizare ; pentru frecvențe înalte această dreaptă se apropie de axa H (H_{dm}), în timp ce pentru frecvențe joase, influența autodemagnetizării este mult redusă și dreapta se apropie de axa B (H_{dm}) Aproximativ, efectul de autodemagnetizare a unei benzi în funcție de frecvență poate fi exprimat prin următoarea formulă experimentală (după Lübeck) :

$$K = e^{-\frac{f}{f_1}} = e^{-\frac{\delta}{\lambda}},$$

în care K este coeficientul de variație a amplitudinii semnalului ;

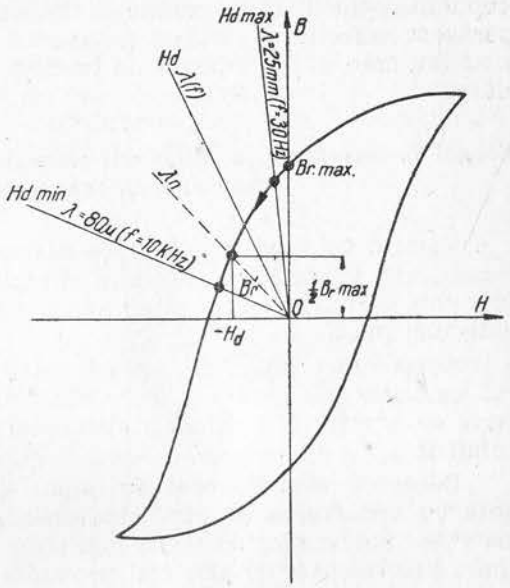


Fig. III-24. Dependența autodemagnetizării de lungimea de undă a semnalului.

f — frecvența semnalului ;

λ — lungimea de undă înregistrată $= \frac{V}{f}$;

f_1 — frecvența caracteristică ;

δ — lungimea de undă caracteristică ;

$e = 2{,}71$.

Lungimea de undă caracteristică a benzii δ la care amplitudinea scade pînă la cca 37% față de frecvențele joase are valori cuprinse între 50 μ — 200 μ (v. și fig. IV-6).

În fig. III-24 λ_η este dreapta de autodemagnetizare pentru lungimea de undă caracteristică.

Trebuie arătat că într-o oarecare măsură o acțiune contrară autodemagnetizării se produce la redare, atunci cînd purtătorul de sunet se găsește în contact cu capul de redare. Această acțiune este invers proporțională cu lungimea de undă a semnalului înregistrat, dar ea nu va compensa niciodată

efectul de autodemagnetizare. Explicația fenomenului constă în faptul că la redare, circuitul magnetic al polilor magneților elementari de pe purtătorul de sunet se închide prin miezul capului. Atunci cînd porțiunile considerate ale purtătorului părăsesc întrefierul, starea magnetică a acestora devine din nou cea care a fost înainte de trecere prin fața capului de redare.

Efectul de suprafață și al micșorării permeabilității efective a capetelor magnetice în funcție de frecvență

Efectul de suprafață (sau de pătrundere) se manifestă sub forma unei scăderi a intensității cîmpului magnetic în direcția grosimii ei, cu atît mai accentuată, cu cît lungimea de undă este mai mică.

Acest efect poate fi explicat dacă ne închipuim purtătorul de sunet pe care s-a înregistrat ca fiind compus dintr-o serie de straturi de magneți elementari așezați unul deasupra celuilalt.

Deoarece cîmpul creat de capul de înregistrare scade o dată cu depărtarea de cap, straturile superficiale, mai apropiate de cap, se magnetizează mai puternic decît cele din adîncime. Efectul este cu atît mai pronunțat cu cît frecvența este mai ridicată. La aceste frecvențe ridicate, se poate considera că fluxul exterior al benzii se datorește numai unui strat superficial subțire. În acest caz, liniile de forță exterioare provin mai ales din stratul superficial al magneților elementari ai purtătorului de sunet, iar liniile de forță ale straturilor de magneți elementari, care se află mai adînc în bandă, nu contribuie la mărirea cîmpului exterior. De aici rezultă că o bandă cu un strat magnetic relativ gros, înregistrată cu un nivel constant în funcție de frecvență, va da la redare un nivel mai ridicat la frecvențele joase, decît la cele înalte. De asemenea, rezultă că la frecvențe înalte, f.e.m. indusă în capul de redare nu depinde de grosimea stratului magnetic al benzii începînd de la o anumită valoare a acestei grosimi. În schimb, la frecvențe joase (magneți elementari lungi), f.e.m. indusă în cap va crește pe măsură ce va crește grosimea stratului magnetic.

În fig. III-25 sînt reprezentate curbele de răspuns ale mai multor benzi cu aceeași lățime și cu aceleași proprietăți magnetice, dar cu grosimi diferite ale stratului magnetic.

Se vede că în regiunea frecvențelor joase, f.e.m. indusă în capul de redare crește aproape proporțional cu grosimea stra-

tului magnetic, dar în regiunea frecvențelor înalte această proporționalitate nu se mai menține. Astfel, o bandă la care grosimea stratului magnetic este de 0,13 mm, induce la 100 Hz o f.e.m. cu 11 db mai mare decît o bandă cu 0,025 mm grosime înregistrată și redată în aceleași condiții.

La frecvențe foarte înalte (de exemplu 10 000 Hz), diferența dintre f.e.m. induse de cele două benzi este de numai 1 db, ceea ce se explică prin faptul că la asemenea frecvențe numai magneții elementari superficiali contribuie la crearea fluxului magnetic exterior.

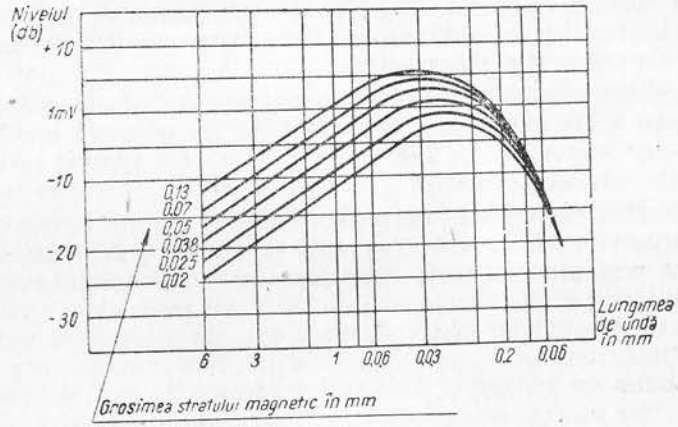


Fig. III-25. Variația f. e. m. din capul de redare în funcție de grosimea stratului magnetic și în funcție de lungimea de undă înregistrată (pentru o bandă de cupru cu un strat din cobalt-nichel, $B_r = 9\,000$ Gs, $H_c = 190$ Oe).

Din cele de mai sus rezultă că micșorînd mult grosimea stratului magnetic al benzii, pînă la ordinul de mărime al adîncimii de pătrundere, scade în primul rînd porțiunea de joasă frecvență a caracteristicii de frecvență, ceea ce înseamnă că porțiunea de înaltă frecvență este favorizată. Dar, deoarece caracteristica de frecvență a înregistrării are o cădere mare în regiunea frecvențelor ridicate din cauza autodemagnetizării, a efectului întrefierului etc., rezultă că este avantajos să utilizam benzi cu un strat magnetic subțire.

La benzile cu un strat magnetic foarte subțire nu se mai resimte influența efectului de pătrundere sub forma variației

nivelului cu frecvența, în schimb este redus nivelul total al înregistrării, ceea ce trebuie compensat în amplificatoare.

S-a observat că adîncimea de pătrundere, în special la lungimile de undă mici, scade dacă întrefierul capului de înregistrare este prea îngust sau dacă permeabilitatea benzii este mare.

Acesta este încă un motiv pentru a utiliza benzi cu o permeabilitate magnetică relativ mică.

Dacă întrefierul este prea îngust, adîncimea de pătrundere a polarizării de înaltă frecvență scade repede și straturile adînci ale benzii vor fi înregistrate fără polarizare sau cu o polarizare slabă, ceea ce constituie o sursă de distorsiuni de neliniaritate importante. Din această cauză, întrefierul capului de înregistrare nu poate fi redus prea mult.

Un fenomen cu efecte asemănătoare cu cele descrise mai sus este acela al micșorării permeabilității efective a miezului capetelor magnetice la frecvențe ridicate (în special la acelea formate din tole groase).

Efectul de mai sus, care este cunoscut și din teoria transformatoarelor de joasă frecvență*) se datorește împingerii liniilor magnetice de forță spre suprafața materialului magnetic datorită curenților turbionari, cu atît mai puternic cu cît grosimea tolei este mai mare. Aceasta duce la mărirea reluctanței circuitului magnetic, scăderea fluxului care circulă prin miezul capului de redare și deci la micșorarea f.e.m. la redarea semnalelor cu frecvență ridicată. Pentru reducerea efectului de mai sus, tolele capetelor magnetice nu trebuie să fie prea groase ; astfel, de exemplu, pentru tole din permalloy cu molibden, grosimea trebuie să fie de 0,08—0,1 mm.

Efectul aderenței imperfecte a purtătorului la cap

După cum s-a arătat în § 3, un purtător de sunet magnetizat poate fi reprezentat prin niște magneți elementari în jumătate de lungime de undă. Din fig. III-10 se vede tot o dată că pe măsură ce scade lungimea de undă a semnalului, liniile de forță magnetice care ies din purtător se închid tot mai aproape de acesta. Dacă considerăm trei semnale cu aceeași amplitudine, dar cu frecvențe diferite, înregistrate pe o bandă magnetică, vom obține o repartiție a fluxului magnetic exterior ca în fig.

*) Tichin — „Transformatoare de joasă frecvență" Ed. Energetică, pag. 184.

III-26. Se vede că pe măsură ce lungimea de undă se micșorează, liniile magnetice de forță exterioare se concentrează din

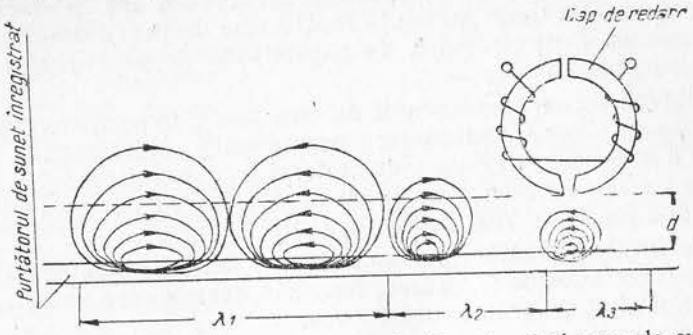


Fig. III-26. Repartiția liniilor de forță pentru trei semnale cu frecvențe diferite :
d — distanța dintre purtător și cap.

ce în ce mai aproape de bandă. Din această cauză, o îndepărtare oricît de mică a benzii de cap va duce la o micșorare a f.e.m. indusă în acesta.

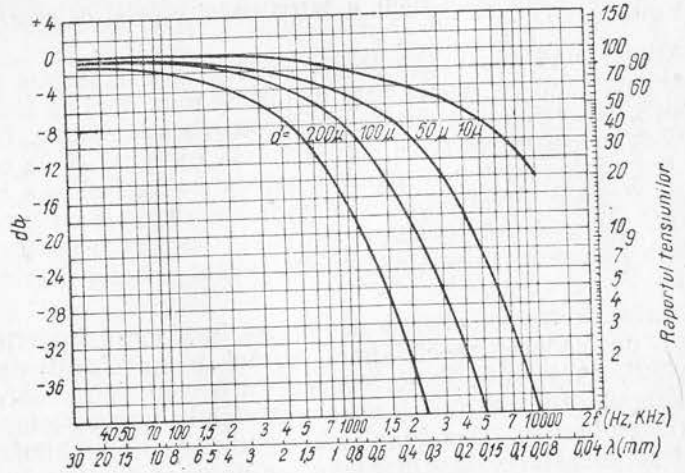


Fig. III-27. Atenuarea nivelului de redare în funcție de lungimea de undă pentru diferite distanțe dintre bandă și cap:
d — distanța în μ.

Purtătorul de sunet trebuie să adere de miezul capului, adică între miez și purtător nu trebuie să existe nici un spațiu

de aer. Îndepărtarea purtătorului de miezul capului poate fi provocată de murdărirea accidentală a capului sau a purtătorului (electrizarea purtătorului din cauza frecării are ca efect depunerea pe el a unor particule foarte fine de praf), de ghidarea defectuoasă a purtătorului, de asperitățile de pe suprafața sa, de lipituri proaste etc.

Îndepărtarea purtătorului de cap poate fi permanentă sau variabilă în timp. O îndepărtare permanentă a purtătorului provoacă o atenuare a f.e.m. indusă de el în capul de redare, care atinge pentru o distanță de numai 50 μ valoarea de cca — 40 db la 10 000 Hz (v = 76,2 cm/s), (fig. III-27).

Variațiile periodice ale contactului dintre purtător și cap provoacă un zgomot la redare, fenomen despre care se va vorbi într-unul din paragrafele următoare.

În fig. III-27 sînt reprezentate în funcție de frecvență curbele de atenuare a nivelului de redare pentru diferite distanțe ale benzii de cap. Același efect apare și atunci cînd o bandă stratificată nu este redată pe aceeași față pe care s-a făcut înregistrarea.

Efectul dimensiunii finite a întrefierului capului de redare

Atunci cînd s-a expus teoria redării, s-a presupus că întrefierul capului de redare este infinit de mic, deci că fluxul de pe bandă, la un moment dat, poate fi considerat constant. În realitate asemenea întrefieruri nu există și, începînd de la o anumită frecvență, pentru o anumită viteză de deplasare a benzii, lățimea finită a întrefierului *) devine comparabilă cu lungimea de undă înregistrată, ceea ce are drept urmare o micșorare a tensiunii induse în spirele capului de redare, adică o distorsiune liniară.

Liniile de forță, care ies din bandă în dreptul întrefierului capului de redare, trec numai atunci prin miezul de fier al capului, dacă acest drum reprezintă o reluctanță mai mică decît dumul prin aer (sau prin materialul nemagnetic care umple întrefierul). Dacă lungimea de undă a semnalului înregistrat pe purtătorul de sunet este așa de mică, încît închiderea

*) Analog ca la capul de înregistrare, trebuie să luăm în considerare lățimea efectivă a întrefierului, care, din cauza dispersiei cîmpului în apropierea capului, este totdeauna mai mare ca lățimea lui geometrică.

liniilor de forță se poate face pe un drum mai scurt în interiorul întrefierului, atunci este evident că orice linie de forță al cărei drum — de la bandă prin miez și din nou în bandă — este mai lung decît drumul corespunzător închiderii imediate prin întrefier, nu va trece prin miezul de fier ci se va închide prin materialul nemagnetic care umple întrefierul. Rezultă că prin micșorarea lungimii de undă scade și numărul de linii de forță care participă la inducerea f.e.m. în capul de redare și, ca urmare scade și tensiunea la ieșire. Dacă lungimea de undă este egală cu lățimea întrefierului, f.e.m. indusă în cap va fi nulă.

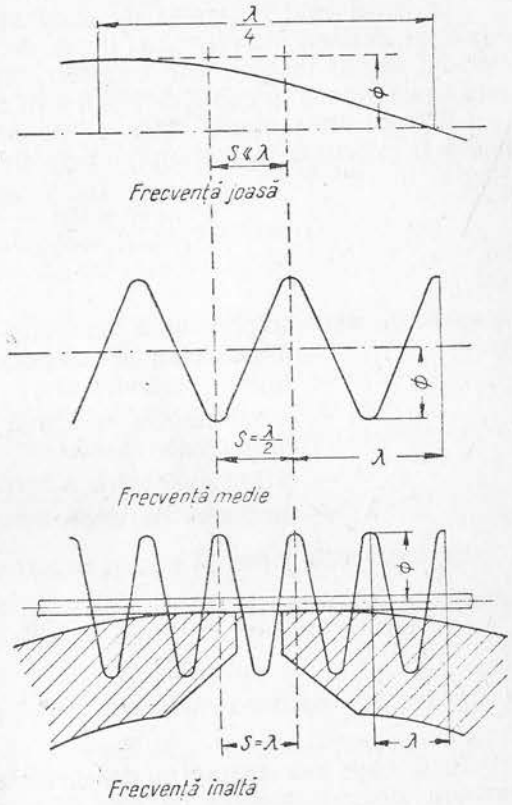


Fig. III-28. Redarea diferitelor lungimi de undă înregistrate.

Cele expuse mai sus sînt ilustrate în fig. III-28.

În cazul din fig. III-28 *a* lungimea de undă a semnalului este mult mai mare decît lățimea întrefierului. Lungimea drumului pe care ar trebui să-l parcurgă liniile de forță prin aer reprezintă o reluctanță mult mai mare decît drumul prin miezul de fier al capului ; în consecință, cea mai mare parte a liniilor de forță se va închide prin miez, inducînd în bobina acestuia o tensiune corespunzătoare și numai o mică parte se va închide în aer (sau în materialul nemagnetic al întrefierului).

Cazul cînd lățimea întrefierului este egală cu jumătate din lungimea de undă este reprezentat în fig. III-28 *b*. În această

situație drumul prin miez reprezintă o reluctanță încă mică pentru liniile de forță care ies din bandă, astfel că aproape toate se închid prin miez. Tensiunea indusă în capul de redare va fi încă mare.

În cazul cînd lungimea de undă scade mai mult, ajungînd egală cu lățimea întrefierului, liniile de forță din dreptul întrefierului se vor închide prin întrefier, fără a pătrunde în miez; tensiunea indusă în capul de redare va fi nulă (fig. III-28 *c*).

Efectul dimensiunii finite a întrefierului capului de redare poate fi exprimat și matematic prin următoarea relație:

$$E_1 = E_0 \frac{\sin \frac{\pi S}{\lambda}}{\frac{\pi S}{\lambda}}$$

în care: E_1 este amplitudinea tensiunii induse în capul de redare, luînd în considerare efectul dimensiunii finite a întrefierului;

E_0 — amplitudinea tensiunii induse în cap în condiții ideale ($s \ll \lambda$);

s — lățimea efectivă a întrefierului;

λ — lungimea de undă înregistrată.

La frecvențe joase (λ mare), raportul $\frac{S}{\lambda}$ este foarte mic și rezultă cu aproximație:

$$\sin \frac{\pi S}{\lambda} \simeq \frac{\pi S}{\lambda}.$$

În acest caz, tensiunea indusă în capul de redare va fi:

$$E_1 = E_0.$$

După cum s-a arătat în paragrafele precedente, valoarea tensiunii ideale induse de un flux de amplitudine constantă în înfășurarea capului este proporțională cu frecvența, deci $E_0 = Kf$.

Dacă lungimea de undă scade pînă la valoarea $s = \frac{\lambda}{2}$, atunci

$$\sin \frac{\pi S}{\lambda} = 1; \frac{\pi S}{\lambda} = \frac{\pi}{2},$$

iar $E_1 = 0{,}63\ E_0$.

Cînd sînt reproduse unde și mai scurte, adică cînd $s = \lambda$, tensiunea indusă în cap se anulează ($E_1 = 0$).

În fig. III-29 este reprezentată variația expresiei

$$20 \log \frac{\sin \frac{\pi S}{\lambda}}{\frac{\pi S}{\lambda}}$$ în funcție de raportul $\frac{S}{\lambda}$.

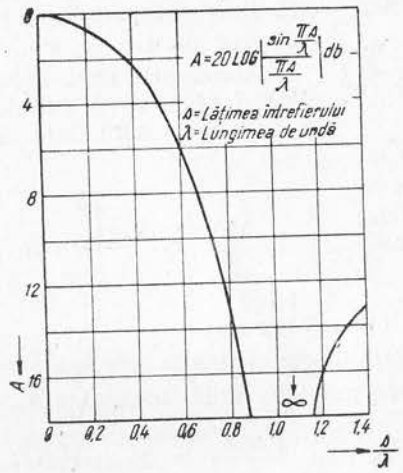


Fig. II-29. Variația expresiei $20 \log \frac{\sin \frac{\pi S}{\lambda}}{\frac{\pi S}{\lambda}}$ în funcție de raportul $\frac{S}{\lambda}$

Se vede că în cazul $\frac{S}{\lambda} = 1$ (sau cu un număr întreg), atenuarea tensiunii induse în cap este infinită.

Efectul înclinării relative a capului de înregistrare și a celui de redare

Întrefierul capului de redare trebuie să fie paralel cu întrefierul capului de înregistrare. Dacă această condiție nu este îndeplinită, apare o atenuare a nivelului redat, cu atît mai mare cu cît frecvența semnalului este mai mare (adică lungimea de undă mai mică), întrucît așezarea oblică a capetelor acționează la fel ca o mărire a întrefierului capului de redare.

După cum se vede în fig. III-30, în cazul cînd întrefierul capului de redare face un unghi δ cu întrefierul capului de înregistrare, întrefierul devine în aparență mai lat, căpătînd valoarea $s' = b \operatorname{tg} \delta$

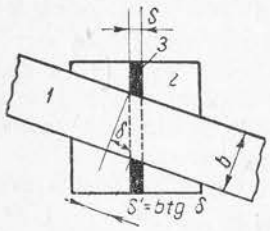


Fig. III-30. Înclinarea relativă a capului de înregistrare și redare: *1* — bandă; *2* — cap; *3* — întrefier.

Dacă această valoare devine egală cu lungimea de undă, atunci tensiunea în cap va fi nulă, cum s-a arătat în paragraful precedent.

Atenuarea care rezultă în urma înclinării relative a capului de înregistrare și de redare este dată de relația :

$$A = 20 \log \left[\frac{\operatorname{Sin} \frac{\pi b \operatorname{tg} \delta}{\lambda}}{\frac{\pi b \operatorname{tg} \delta}{\lambda}} \right] \text{ db},$$

în care : b este lățimea benzii ;

δ — unghiul de inclinare relativă a capului ;

λ — lungimea de undă înregistrată.

Se vede că pentru $\frac{b \operatorname{tg} \delta}{\lambda} = 1$. atenuarea este infinită, adică tensiunea în cap este nulă.

La instalațiile la care înregistrarea și redarea se fac cu același cap, efectul de mai sus nu are loc (de exemplu la magnetofoanele de amatori). În schimb, la magnetofoanele la care înregistrarea și redarea se fac cu două capete distincte sau la acelea la care redarea se face cu un alt aparat decît cel cu care s-a făcut înregistrarea, lipsa de paralelism a capetelor are un efect important.

În practică se admite o așezare incorectă a întrefierului capului de redare corespunzătoare cu cel mult 1/4 din lățimea întrefierului. Pentru o lățime a benzii de 6,5 mm și un întrefier de 20 μ, unghiul δ rezultă din relațiile de mai jos :

$$s = b \operatorname{tg} \delta = \frac{20\ \mu}{4} = 5\ \mu, \text{ deci } \operatorname{tg} \delta = \frac{s'}{b} = \frac{5\ \mu}{6\,500\ \mu} \cong 8 \cdot 10^{-4} \text{ și}$$

$$\delta \approx 2{,}7 \text{ min.}$$

Acest unghi cere o mare precizie de așezare a capetelor, care se realizează prin metode speciale (v. capitolul X).

În cazul unor purtătoare avînd forma de sîrmă magnetică, efectul înclinării relative a capetelor este mult mai mic, întrucît lățimea sîrmei este mult mai mică decît cea a benzii. În schimb, la aceste purtătoare apare un efect similar, datorit torsiunii sîrmei. Acest efect constă în următoarele : sîrma magnetică ia contact cu capul de redare pe o altă suprafață decît aceea care a fost înregistrată, ceea ce cauzează o micșorare a tensiunii induse. Atenuarea este cu atît mai pronunțată, cu cît unghiul de rotire este mai mare și cu cît frecvența semnalului este mai ridicată. În fig. III-29 această dependență este ilustrată printr-o diagramă polară. Din diagramă rezultă că la frecvența de 10 kHz, atenuarea poate să ajungă la 15 db.

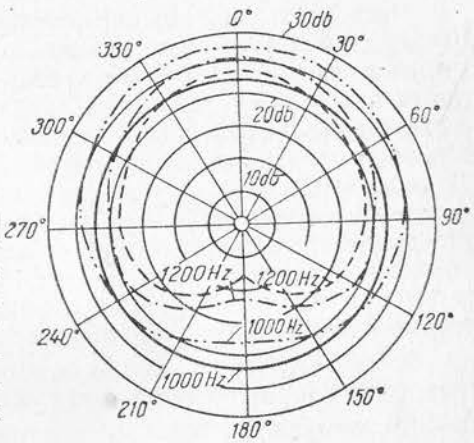


Fig. III-31. Dependența efectului de torsiune de unghiul de rotire și de frecvență.

Dependența de frecvență a acestui efect se explică prin faptul că, la frecvențe ridicate, adică la lungimi de undă mici, cîmpul magnetic al sîrmei nu ajunge departe de suprafața ei și sîrma nu se magnetizează uniform pe toată suprafața. Din cauza răsucirii întîmplătoare a sîrmei are loc o îndepărtare a suprafețelor înregistrate de capul de redare ; această îndepărtare este maximă atunci cînd sîrma este răsucită cu 180° față de poziția pe care a ocupat-o la înregistrare.

Trebuie remarcat faptul că efectul de torsiune se atenuează pe măsură ce se uzează capetele : într-adevăr, cu timpul, sîrma magnetică își creează un „șanț" pe suprafața capului și astfel suprafața ei de contact cu capul devine mai mare.

Caracteristica de frecvență totală a unui sistem de înregistrare și redare magnetică

După cum s-a mai arătat, dacă se neglijează pierderile datorite autodemagnetizării, efectului de suprafață etc., tensiunea indusă în capul de redare are forma :

$$E = K \Phi_0 f \cos 2\pi f \cdot t = E_0 \cos \omega t,$$

adică amplitudinea tensiunii este direct proporțională cu frecvența semnalului. Reprezentînd variația tensiunii în funcție de frecvență, vom obține o dreaptă cu panta de 6 db pe octavă (presupunînd, bineînțeles, că înregistrarea s-a făcut cu nivel constant la toate frecvențele). Această dreaptă va reprezenta, deci, caracteristica de frecvență a capului de redare.

Dacă luăm acum în considerație și pierderile neglijate — despre care s-a vorbit amănunțit în paragrafele precedente, — obținem caracteristica de frecvență reală a sistemului de înregistrare și redare magnetică. Această caracteristică prezintă o creștere de 6 db pe octavă numai pînă la frecvența de cca 1 000 Hz, după care panta scade ; curba rămîne însă crescătoare pînă la o frecvență f la care curba atinge maximul, după care ea începe să coboare rapid. (fig. III-32). Valoarea frecvenței f_1 depinde de diverși factori, discutați în paragrafele precedente. Rezultă că frecvențele joase și cele înalte sînt mult atenuate în raport cu frecvențele f_1 și că atenuarea trebuie compensată în amplificatoare, prin sisteme de corecție corespunzătoare.

În mod practic s-a stabilit că influența cea mai mare asupra caracteristicii de frecvență o are autodemagnetizarea și, într-o măsură mai mică, efectul întrefierului capului de redare. Din punct de vedere al autodemagnetizării, benzile se caracterizează cel mai bine prin lungimea de undă caracteristică δ. Curbele din fig. III-32 sînt reprezentate pentru două valori diferite ale lui δ (50 μ și 100 μ) și pentru diferite valori ale vitezei de deplasare a benzii.

Examinînd aceste curbe, ne putem da seama în ce măsură poate fi îmbunătățită caracteristica de frecvență prin modificarea mărimilor δ și v în cazul unor capete de redare la care se consideră infinit mică lățimea întrefierului.

Din compararea curbelor corespunzătoare valorilor $\delta = 50\ \mu$ și $\delta = 100\ \mu$, rezultă că micșorarea coeficientului δ la jumătate permite reducerea vitezei benzii la jumătate.

Problema reducerii vitezei de deplasare a benzii este importantă atît din punct de vedere al economiei de purtător necesar pentru o înregistrare dată, cît și din considerente mecanice, căci o viteză prea mare îngreunează întinderea uniformă a benzii, frînarea, manevrarea, aderența de capete etc.

La primul aparat de înregistrare care folosea ca purtător sîrmă, aceasta se deplasa cu viteza de 2 m/s ; astăzi magnetofoanele de studio utilizează viteza de 76,2 cm/s, dar există tendința de a se trece la viteza de 38,1 cm/s la aceste instalații. Magnetofoanele portabile și cele de amatori folosesc o viteză de deplasare a benzii de 19,05 ; 9,55 și chiar de 4,75 cm/s.

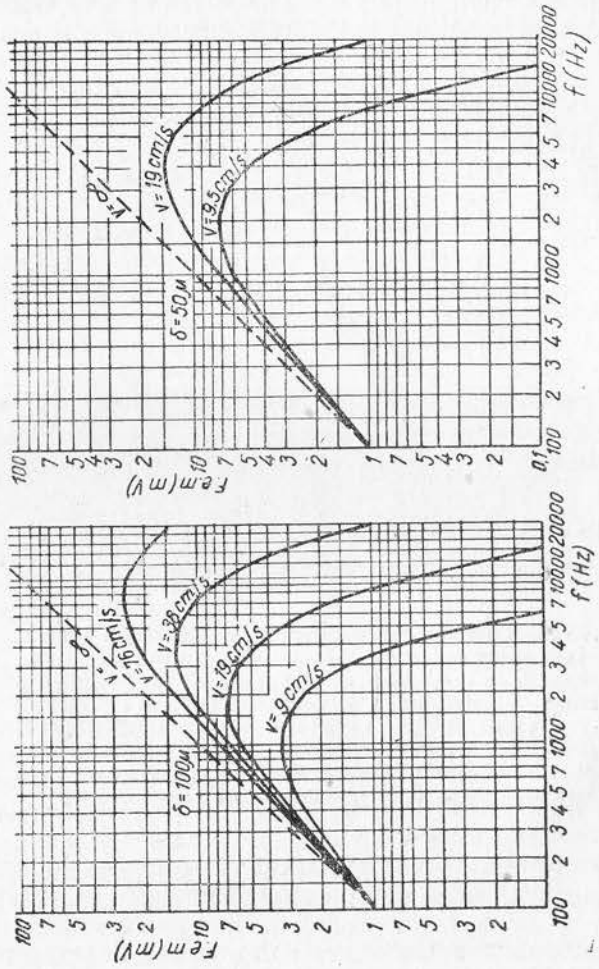


Fig. III-32. Curbele variației f.e.m. din capul de redare în funcție de viteza benzii pentru valori diferite ale coeficientului δ.

Din cele expuse mai sus rezultă că limitarea benzii de frecvență a redării este condiționată de valoarea minimă posibilă a coeficientului δ, cum și de dimensiunile minimum posibile ale întrefierului capului de redare. Întrucît reducerea dimensiunilor întrefierului capului de redare este limitată la valoarea de 5—10 μ, determinată de posibilitățile practice de prelucrare

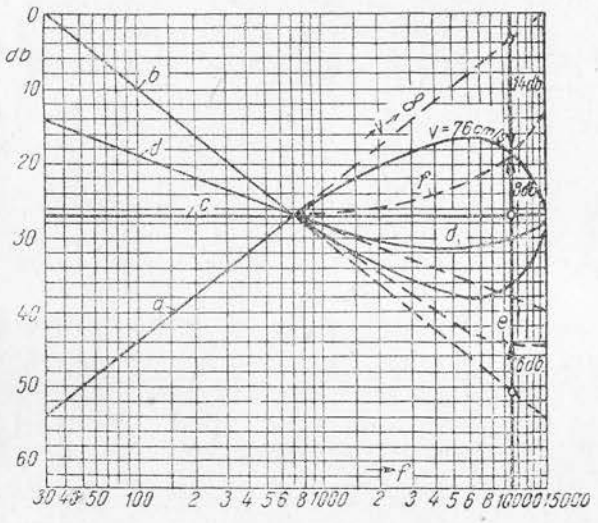


Fig. III-33. Corecția de frecvență la înregistrare și redare: *a* — caracteristica de frecvență (f.e.m. din capul de redare) fără corecție; *b* — curba de frecvență corectată a amplificatoarelor de înregistrare și de redare; *c* — caracteristica de frecvență totală rezultantă (cu corecție); *d* — caracteristica de frecvență a amplificatorului de înregistrare și redare în ipoteza distribuirii corecției de frecvență pe jumătate; *e* — caracteristica de frecvență a amplificatorului de redare, în cazul unei caracteristici a amplificatorului de înregistrare conform curbei.

a miezurilor și considerînd și faptul că influența întrefierului este cu mult mai mică decît autodemagnetizarea, rezultă că îmbunătățirea calității sistemului de înregistrare și de redare magnetică este determinată în cele din urmă de coeficientul δ, adică de calitatea benzilor.

Trebuie să mai menționăm faptul că tensiunea indusă în capul de redare este proporțională și cu lățimea benzii. De aceea la înregistrările care utilizează numai jumătate din lățimea benzii (două trasee), tensiunea indusă în cap este aproximativ jumătate din cea obținută în cazul folosirii întregii lățimi a benzii.

Din punctul de vedere al corecției necesare la cele două amplificatoare — de înregistrare și redare, — s-a stabilit că este avantajos ca în amplificatorul de înregistrare să se facă o ridicare parțială a frecvențelor înalte, iar în amplificatorul de redare să se facă o ridicare a frecvențelor joase și o corecție suplimentară a celor înalte *).

La unele magnetofoane de amatori unde același amplificator este utilizat atît pentru înregistrare cît și pentru redare, corecția frecvențelor înalte și joase se face în proporție de jumătate-jumătate (fig. III-33).

Datorită îmbunătățirii calității benzilor magnetice, cum și alegerii unei corecții potrivite, magnetofoanele moderne pot realiza o caracteristică de frecvență liniară în banda 30—15 000 Hz în limitele ± 1 db, la viteze de 76,2 și 38,1 cm/s.

b) Distorsiuni de neliniaritate

Distorsiunile de neliniaritate (sau de amplitudine) care apar în procesul înregistrării magnetice se datoresc următoarelor cauze principale:

— elementelor neliniare din amplificatoare;

— neliniarității curbelor de magnetizare ale capetelor de înregistrare și de redare;

— neuniformității vitezei de deplasare a benzii la înregistrare și la redare;

— neliniarității curbei de transfer a purtătorului de sunet.

Pentru a aprecia în ce măsură influențează fiecare din factorii de mai sus factorul de distorsiuni de neliniaritate total, îi vom examina pe rînd în cele ce urmează. Anticipînd asupra concluziilor, putem arăta că ultimul factor are rolul determinant în apariția distorsiunilor de neliniaritate.

Problema construirii unor amplificatoare cu distorsiuni de neliniaritate minime nu mai constituie astăzi o greutate. În special, datorită utilizării reacției negative în montajele de amplificatoare s-au redus distorsiunile de neliniaritate la o valoare neglijabilă.

Proporționalitatea dintre curentul care circulă în bobina capului de înregistrare și intensitatea cîmpului magnetizant, în cazul înregistrării, și fluxul care străbate miezul, deci f.e.m. in-

*) Problema este tratată mai detaliat în cap. VII.

dusă în capul de redare, în cazul redării, poate fi stricată de neliniaritatea curbelor de magnetizare ale materialului miezului.

Există două mijloace pentru reducerea distorsiunilor de neliniaritate cauzate de capul de înregistrare : în primul rînd prin confecționarea tolelor pentru cap din materiale magnetice moi, caracterizate printr-o inducție de saturație foarte ridicată și o curbă de histerezis îngustă (de exemplu din permalloy, miumetal etc.). Al doilea mijloc eficace este micșorarea saturației magnetice a miezului, cu ajutorul unui întrefier suplimentar destul de mare (spre exemplu 0,3 mm) în spatele capului.

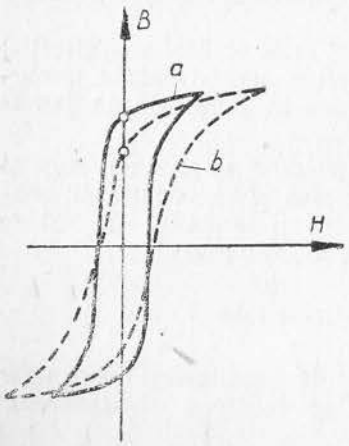


Fig. III-34. Curbele de histerezis ale miezului capului de înregistrare: *a* — fără întrefier suplimentar și *b* — cu întrefier suplimentar.

Prin cea de a doua metodă se obține, în mod indirect, o micșorare a distorsiunilor de neliniaritate care apar datorită saturației magnetice.

După cum se vede din fig. III-34, acest întrefier suplimentar are ca efect mărirea reluctanței circuitului magnetic și deci micșorarea pantei curbei de histerezis și micșorarea inducției remanente ; în acest caz, saturația magnetică se obține pentru o valoare mai mare a intensității cîmpului magnetizant.

În ceea ce privește prima metodă, inducția de saturație pentru miumetal are o valoare cu mult mai mare decît inducția produsă în mod real de curentul de înregistrare și astfel nu vor apărea distorsiuni de neliniaritate importante din cauza capului de înregistrare.

În ceea ce privește capul de redare, fluxul util maxim al unei benzi magnetice are valoarea de cca 1 maxwell, adică numai cca 1/500 din fluxul care acționează în capul de înregistrare. În consecință, distorsiunile de neliniaritate cauzate de capul de redare pot fi neglijate.

Neuniformitatea vitezei de deplasare a benzii constituie o sursă importantă de distorsiuni de neliniaritate ; totuși și acestea pot fi reduse printr-o execuție precisă a mecanismelor de antrenare a benzii.

În capitolul VI (Mecanisme) se vor studia mai amănunțit

distorsiunile care apar în urma neuniformității vitezei de deplasare a benzii, cum și măsurile care trebuie luate în acest sens.

Ultima cauză de apariție a distorsiunilor de neliniaritate o constituie purtătorul de sunet. După cum s-a mai arătat, distorsiunile de neliniaritate produse de purtător formează partea cea mai importantă dintre toate distorsiunile. Pentru a ilustra aceasta, prezentăm în fig. III-35, efectul diferitelor surse de distorsiuni de neliniaritate (cu excepția celor datorite neuniformității de viteză). Curbele respective au fost ridicate în funcție de curentul de înregistrare, pentru o viteză de deplasare a purtătorului de 76,2 cm/s. Ca purtător a servit o bandă magnetică „moale", drept cap de înregistrare — un cap cu miez de miumetal, iar ca amplificator de înregistrare și redare, tipul obișnuit în magnetofoanele de studio. Curbele sînt ridicate pentru distorsiunile produse de armonica 3-a a semnalului (K_3), care predomină la înregistarea magnetică.

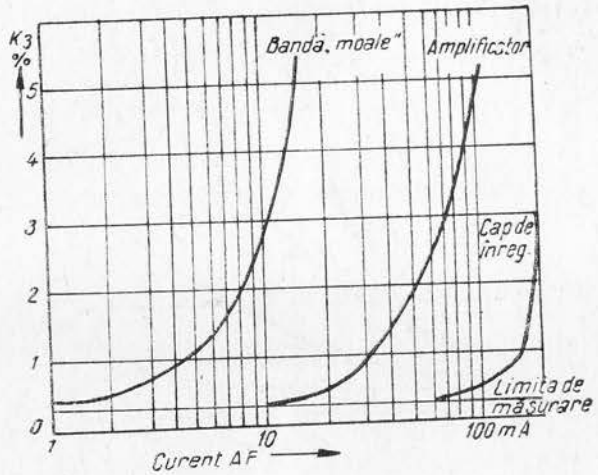


Fig III-35. Efectul diferitelor surse de distorsiuni de neliniaritate.

Distorsiunile de neliniaritate intoduse de purtătorul magnetic variază în funcție de mai mulți factori care sînt: curentul de audiofrecvență, curentul de polarizare de înaltă frecvență, lungimea de undă înregistrată și lățimea întrefierului capului de înregistrare.

Influența tuturor acestor factori este ilustrată în curbele date mai jos (după Altrichter).

În fig. III-36 sînt arătate curbele de variație a distorsiunilor de neliniaritate în funcție de nivelul de audiofrecvență, pentru o valoare constantă a curentului de polarizare și pentru două tipuri de benzi stratificate : „moi" și „dure". La o frecvență a curentului de audiofrecvență de 1 kHz, rezultă, în zona

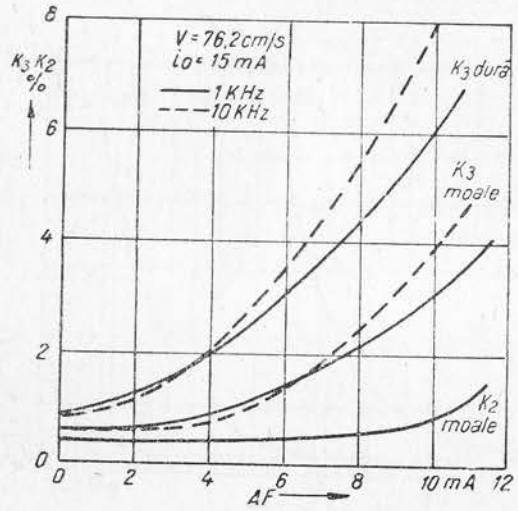


Fig. III-36. Dependența distorsiunilor de neliniaritate de curentul de audiofrecvență.

de lucru, o creștere a distorsiunilor de neliniaritate aproximativ cu puterea 1,5 a curentului de audiofrecvență.

La frecvențe mai înalte și pentru curenți mai mari, creșterea devine mai rapidă.

Dependența distorsiunilor de neliniaritate de curentul de polarizare de înaltă frecvență, pentru diverse valori constante ale curentului de audiofrecvență, este arătată în fig. III-37.

După cum rezultă din curbe, distorsiunile de neliniaritate au o valoare mare la curenți de polarizare de valoare mică : cu creșterea amplitudinii acestora din urmă, distorsiunile de neliniaritate scad și ajung la un minim, după care încep iar să crească (v. fig. III-18). Această formă corespunde cu cea obținută din calcule și are următoarea explicație fizică : la intensi-

tăți mici ale cîmpului de înaltă frecvență se lucrează în mod practic pe porțiunea neliniară a curbei de primă magnetizare ;

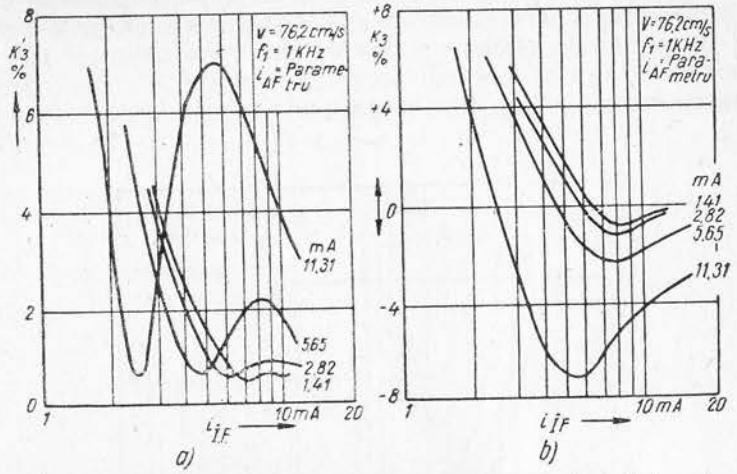


Fig. III-37. Dependența distorsiunilor de neliniaritate de curentul de polarizare de înaltă frecvență pentru benzi „moi" ; *a* — reprezentarea obișnuită ; *b*—reprezentare la care originea coordonatelor se ia în punctul de anulare a distorsiunilor.

această porțiune este simetrică față de axa absciselor. De aici rezultă distorsiuni de neliniaritate datorite armonicii a 3-a, defazată cu 180° față de fundamentală (fig. III-38 *a*).

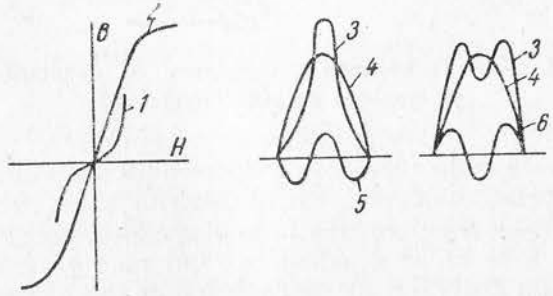


Fig. III-38. Anularea distorsiunilor de neliniaritate :
1 — curba de primă magnetizare ; *2* — caracteristica rezultantă de transfer ; *3* — forma undei înregistrate distorsionate ; *4* — fundamentală ; *5* — armonica a 3-a defazată față de fundamentală ; *6* — armonica a 3-a în fază cu fundamentala.

La intensități mari ale cîmpului de înaltă frecvență se lucrează pe o curbă în formă de S (caracteristică rezultantă de

transfer) ; distorsiunile care iau naștere acum pot fi descompuse într-o fundamentală și într-o armonică de gradul 3, în fază (fig. III-38 *b*). În regiunea intermediară, se găsește un punct în care are loc o compensare a distorsiunilor produse în cazurile *a* și *b*, deci un punct de anulare a distorsiunilor de neliniaritate. De altfel, un studiu al lungimii porțiunii rectilinii a curbei rezultante de transfer (fig. III-17) duce la același rezultat. Practic,

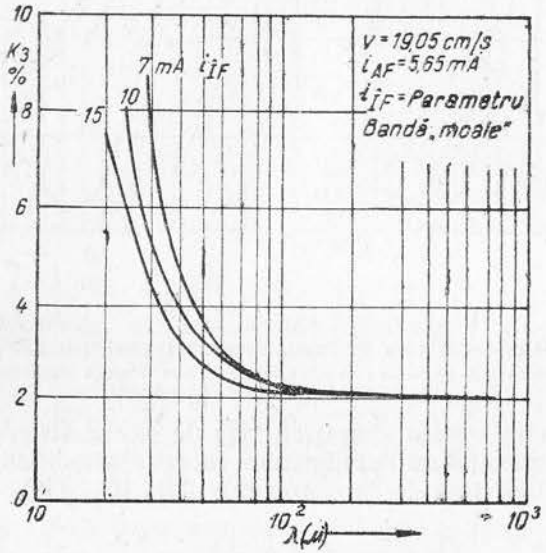


Fig. III-39. Dependența distorsiunilor de neliniaritate de lungimea de undă înregistrată.

nu se poate ajunge chiar la o valoare nulă, din cauza neomogenității purtătorului magnetic și datorită altor cauze.

Dacă considerăm pozitive — în mod convențional — distorsiunile din zona *a*, iar negative cele din zona *b*, putem reprezenta variația distorsiunilor de neliniaritate în funcție de curentul de polarizare într-o formă nouă, care are avantajul că forma curbelor este mai regulată și se pot extrapola valorile distorsiunilor de neliniaritate mai mici, între + 1% și —1% (v. fig. III-37 *b*).

În fig. III-39 sînt date curbele de variație a distorsiunilor de neliniaritate în funcție de lungimea de undă înregistrată.

Se vede că pentru lungimi de undă mai mici, distorsiunile sînt mai mari și că prin alegerea unui curent de polarizare mai mare, se poate obține o zonă de lucru mai întinsă cu distorsiuni reduse. Zona este totuși limitată la valoarea corespunzătoare raportului $\frac{\lambda}{d} = 4$ (d este grosimea păturii magnetice). În consecință, pentru înregistrări de calitate, trebuie să avem viteze mari de deplasare a benzii.

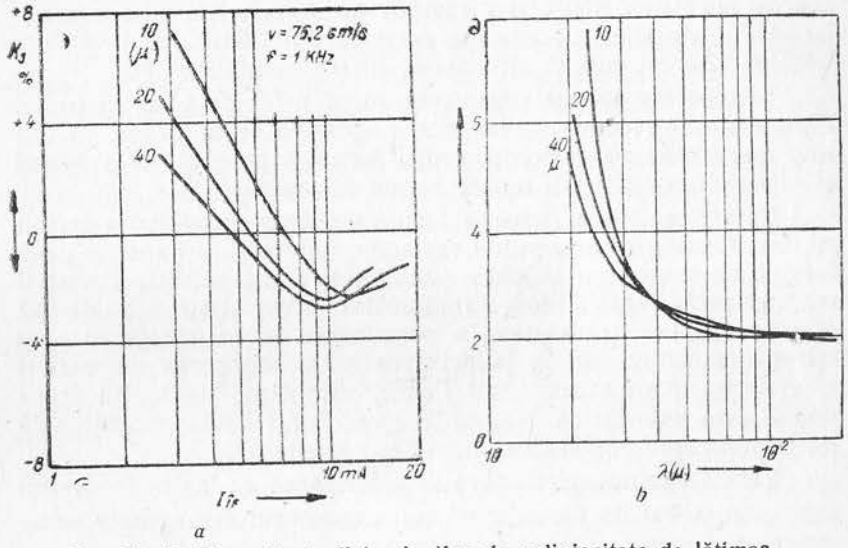


Fig. III-40. Dependența distorsiunilor de neliniaritate de lățimea întrefierului capului de înregistrare.

Toate măsurile ale căror rezultate sînt concretizate în curbele prezentate au fost făcute cu o frecvență de polarizare de 80 kHz. Dacă se schimbă frecvența, va avea loc o deplasare paralelă a curbelor. Dacă, de exemplu la 80 kHz curentul de polarizare optim este de 5 mA, la 40 kHz, acesta va fi de 6 mA.

În fig. III-40 *a*, se reprezintă distorsiunile de neliniaritate în funcție de curentul de polarizare, iar în fig. III-40 *b*, în funcție de lungimea de undă : în ambele cazuri, ca parametru s-a luat întrefierul capului de înregistrare.

c) Perturbații la înregistrarea magnetică

Perturbațiile care apar în procesul de înregistrare și redare magnetică pot fi provocate de : perturbații exterioare (inducții

parazite), zgomotele amplificatoarelor și zgomotele purtătorului (inclusiv efectul de ecou). Aceste perturbații se manifestă la redare, dar sînt create atît la înregistrare cît și la redare. Inducțiile parazite culese de capul de înregistrare și de redare sînt provocate în special de rețeaua de curent alternativ și se datoresc cîmpurilor magnetice perturbatoare, care modulează curentul de ștergere sau de polarizare. Ele se pot înregistra pe bandă și din cauza unei filtrări insuficiente a alimentării.

Zgomotele datorite amplificatoarelor se manifestă sub formă de pocnituri, fîșîit sau zgomot de sector. Ele sînt cauzate de efectul de alice, de agitația termică din tuburi, de încălzirea filamentelor cu curent alternativ, filtraj insuficient etc.

Benzile magnetice constituie sursa principală de zgomote. Zgomotele provocate de benzile magnetice se datoresc, în cea mai mare măsură, neomogenității fizice și geometrice a benzii și variației contactului dintre bandă și capete.

Neomogenitatea fizică a structurii feromagnetice a benzii se manifestă sub forma unei variații a inducției remanente de-a lungul ei, pentru o valoare constantă a intensității cîmpului magnetizant. După cum s-a mai arătat, acest cîmp magnetizant constant apare totdeauna la polarizarea și la ștergerea cu curent continuu, iar la polarizarea și la ștergerea cu curent alternativ apare atunci cînd forma curentului de înaltă frecvență este asimetrică. Valoarea zgomotului este proporțională cu componenta continuă a inducției remanente.

Un alt zgomot care apare la polarizarea cu înaltă frecvență este „zgomotul de modulație" sau „zgomotul din spatele semnalului". Acesta se ivește numai în momentul cînd apare semnalul ; nivelul acestui zgomot variază aproximativ proporțional cu amplitudinea semnalului.

Acest fenomen se datorește tot neomogenității fizice a materialului magnetic al benzii. În adevăr, inducția remanentă de audiofrecvență joacă rolul componentei continue amintite mai sus ; deoarece însă remanența de audiofrecvență, în mod evident, nu este constantă, valoarea zgomotului de modulație variază și ea o dată cu semnalul. Valoarea zgomotului de modulație corespunzătoare valorii maxime a semnalului este mai mare cu cca 15 db decît zgomotul propriu al benzii în lipsa semnalului înregistrat.

Zgomotul de modulație este perceput de ureche într-o măsură mult mai mică decît zgomotul constant care apare la utilizarea polarizării cu curent continuu, din două motive : În

primul rînd pentru că zgomotul de modulație este proporțional cu amplitudinea semnalului, iar valoarea sa medie corespunde valorii medii, nu maxime, a semnalului și, în al doilea rînd, datorită efectului de „mascare" al percepției auditive (semnalul util „maschează" zgomotul).

În cazul înregistrării cu polarizare de curent continuu, raportul dintre semnalul util și zgomot este de cca. 40 db, pe cînd în cazul înregistrării cu polarizare de înaltă frecvență același raport este de cca. 60 db.

Neuniformitatea geometrică a structurii feromagnetice a benzii se manifestă prin concentrări și dimensiuni variabile ale particulelor magnetice și prin variația secțiunii transversale a stratului feromagnetic de-a lungul benzii. Ambii factori provoacă variația inducției remanente înregistrate, deci un zgomot în procesul de redare.

Neuniformitatea geometrică în structura benzii scade în decursul exploatării, din cauza unei neteziri treptate a benzii, prin frecare. După un număr mare de redări, zgomotul poate să scadă cu cîțiva db, dar scade în același timp și nivelul de redare al benzii.

Variația contactului dintre bandă și capete creează o variație corespunzătoare în reductanța circuitului magnetic și are ca efect o înrăutățire a redării semnalelor cu frecvență ridicată (v. efectul de suprafață) și apariția unor zgomote.

Tot în categoria zgomotelor poate fi încadrată și influența reciprocă produsă de două trasee sonore înregistrate pe aceeași bandă, la magnetofoanele care folosesc acest sistem de înregistrare. Înregistrarea cu două trasee permite o folosire mai economică a benzii, dar poate provoca influențe reciproce („diafonie"), deci zgomote mari mai ales dacă distanța dintre cele două trasee este prea mică. Pentru aceeași distanță între trasee, zgomotul este cu atît mai mare, cu cît lungimea de undă, deci și viteza benzii este mai mare (v. fig. III-41). Acest lucru se datorește faptului că acțiunea cîmpului exterior creat de magneți de lungime mai mare atinge distanțe mai mari, decît la lungimi mici (v. efectul de suprafață) ; de aceea, înregistrarea cu două trasee nu este utilizată la magnetofoanele cu viteze de deplasare a benzii de 38,1 și 76,2 cm/s.

Prin efect de copiere se înțelege magnetizarea reciprocă a unor spire de bandă înregistrate, așezate unele lîngă altele. Se știe că o bandă pe care s-a înregistrat un semnal sinusoidal poate fi reprezentată ca fiind constituită dintr-un număr mare de

magneți elementari în jumătate lungime de undă, înșirați de-a lungul benzii. Liniile de forță magnetice care ies din acești magneți se închid parțial prin spirele învecinate, magnetizîndu-le și dînd naștere unei inducții remanente, adică copieri.

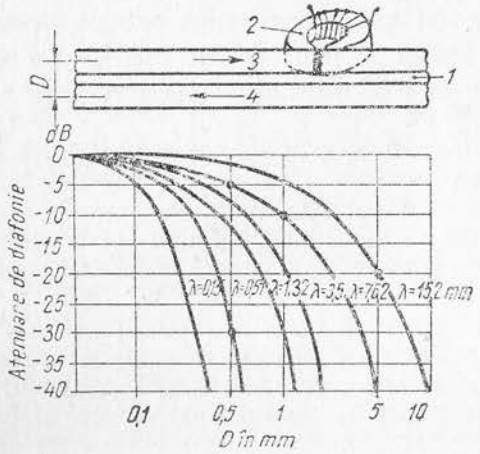


Fig. III-41 Bandă cu două trasee și diafonia dintre acestea, în funcție de distanța dintre ele și de lungimea de undă înregistrată :
1 — banda ; *3* — cap de redare pentru traseul superior: *2* — traseu superior ; *4* — traseu inferior.

Efectul de copiere se caracterizează prin valoarea atenuării de copiere, care este raportul în db dintre nivelul semnalului util și nivelul semnalului copiat.

Copierea se produce pe spirele învecinate de ambele părți ale spirei considerate, astfel încît semnalul este nu numai urmat dar și precedat de „ecoul" său perturbator. Efectul de copiere este mai supărător la înregistrări de vorbă, întrucît la înregistrări de muzică pauzele sînt mai rare, iar ecoul este „mascat" de semnal.

Valoarea atenuării de copiere pentru o bandă înfășurată în rulou depinde de următorii factori :

1. Intensitatea cîmpului semnalului original și proprietățile benzii, în special sensibilitatea ei. Benzile cu sensibilitate mai mare au un efect de copiere mai accentuat (o atenuare de copiere mai mică).

2. Lungimea de undă a semnalului original de pe bandă, deci frecvența semnalului original și viteza de deplasare a benzii la înregistrare și la redare. În timpul copierii, densitatea de flux a magnetizării originale, care crește direct proporțional cu frecvența semnalului, va provoca o magnetizare de copiere — care va crește și ea cu 6 db pe octavă.

Atunci cînd copia se desparte de original, din cauza efectului de autodemagnetizare a copiei se produce o atenuare a semnalului-copie care este mai accentuată la frecvențele înalte.

În consecință intensitatea maximă a efectului de copiere va fi în regiunea medie a caracteristicii de frecvență (v. fig. III-42.)

3. — Starea de magnetizare prealabilă. Cu cît remanența continuă a benzii este mai mică, cu atît aceasta este mai puțin sensibilă la efectul de copiere. Această magnetizare prealabilă joacă rolul unei polarizări, mărind eficacitatea fenomenului de înregistrare la copiere, după același mecanism, care are loc la înregistrarea obișnuită.

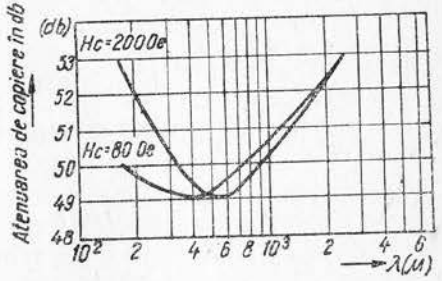


Fig. III-42. Atenuarea de copiere în funcție de lungimea de undă.

4. — Durata de copiere și durata dintre înregistrare și copiere. (Prin durată de copiere se înțelege timpul care se scurge între atingerea a două spire de bandă înregistrate și despărțirea lor, la redare, iar prin durata dintre înregistrare și copiere, timpul scurs între momentul trecerii spirei de bandă prin fața capului de înregistrare și prima atingere cu spirele vecine de pe rulou).

Măsurările experimentale arată o creștere a efectului de copiere, pe măsură ce crește durata de copiere. Copierea crește la început repede, apoi creșterea în unitatea de timp scade.

Mărirea duratei dintre înregistrare și copiere are ca rezultat scăderea efectului de copiere. Această proprietate poate fi utilizată la reducerea efectului de copiere în exploatare, depozitînd un timp benzile după înregistrare, fără a le bobina în role. (Banda nu este imediat rebobinată, ci este lăsată desfășurată, într-o cutie de exemplu.)

5. Temperatura, tensiunile mecanice și șocurile la care este supusă banda înregistrată.

Cu creșterea temperaturii, are loc o creștere importantă a efectului de copiere. (Cîteva tipuri de benzi păstrate la temperatura de O°C nu manifestă efect de copiere.)

Tensiunile mecanice și șocurile favorizează de asemenea efectul de copiere.

6. — Prezența unui cîmp magnetic alternativ exterior. Acțiunea unui astfel de cîmp magnetic (provenind de exemplu de la motoare, transformatoare etc.) este similară cu cîmpul magnetic de polarizare ; ca și acesta, cîmpul exterior deplasează

punctul de funcţionare pe o porţiune mai liniară a caracteristicii de înregistrare, favorizînd copierea. Această proprietate poate fi utilizată şi la copierea benzilor originale în mai multe exemplare (v. cap. X).

Efectul de copiere este defectul principal al înregistrării magnetice ; valoarea atenuării de copiere este de cca. 50—60 db la benzi de calitate bună.

CAPITOLUL IV

PURTĂTOARE DE SUNET

După cum s-a mai arătat, instalaţiile de înregistrare magnetică se compun din următoarele elemente : purtătoare de sunet, capete magnetice, mecanisme de antrenare a purtătorului şi echipament electronic. În cele ce urmează le vom examina pe rînd.

1. SÎRME MAGNETICE

Primele instalaţii de înregistrare magnetică ale lui Poulsen foloseau purtătoare de sunet din sîrmă de oţel cu 0,2—1,4% oxid de carbon şi cu diametrul de 0,5—1 mm. Prin mărirea procentului de carbon s-a mărit forţa coercitivă, dar în acelaşi timp materialul a devenit mai sfărîmicios. Mai tîrziu s-a folosit o bandă de oţel cu lăţime de 3 mm şi cu grosimea de 0,08 mm, care avea avantajul de a nu se încîlci aşa de uşor ca sîrma.

Sîrmele din oţel au o remanenţă B_r de 7 500—10 000 Gs şi o forţă coercitivă H_c de 20—30 Oe. La aceste sîrme factorul de demagnetizare creşte aproape proporţional cu pătratul frecvenţei semnalului înregistrat. Din cauza creşterii rapide a factorului de demagnetizare, pentru a putea obţine o curbă de răspuns satisfăcătoare este necesar să se mărească viteza de deplasare (peste 2 m/s), să se micşoreze diametrul sîrmei şi să se mărească raportul $\frac{H_c}{B_r}$ Îmbunătăţirea redării frecvenţelor înalte poate fi deci obţinută prin reducerea grosimii stratului magnetic activ şi prin mărirea vitezei de deplasare, deoarece ambii factori duc la micşorarea efectului de demagnetizare mărindu-se raportul dintre lungimea de undă înregistrată şi suprafaţa secţiunii tranversale a purtătorului magnetic. În afară de

aceasta, sîrmele de oțel — carbon rugineau ușor, ceea ce ducea la mărirea zgomotului de fond.

Mai tîrziu au fost utilizate sîrme din oțeluri inoxidabile și aliaje cu o forță coercitivă mult mai mare decît cea a oțelului carbon. Aceste oțeluri conțin crom, iar unele din ele și nichel. Un oțel cu 12—14% crom are o forță coercitivă $H_c = 60$ Oe și o remanență de 7 000 Gs. Un oțel cu 18% crom și 8% nichel prelucrat la rece are o forță coercitivă de 200—300 Oe și o remanență $B_r \simeq 300$ Gs, iar $\frac{H_c}{B_r} = 0{,}6 \ldots 1$. Cu acest aliaj se obține o bună redare a frecvențelor înalte dar nivelul de redare este redus.

Folosirea aliajelor a permis mărirea forței coercitive. Pentru a reduce fragilitatea materialului, sîrmele folosite astăzi la înregistrarea magnetică se fabrică prin depunerea unui strat de cca 0,0075 mm dintr-un aliaj magnetic pe un suport de bronz sau de alamă cu diametrul de 0,1 mm. Sîrme confecționate dintr-un aliaj de cobalt-vanadiu-fier (Vocalloy) (52% cobalt, 37% fier, 11% vanadiu) au o forță coercitivă de 200 Oe și o remanență de 11 000 Gs. Un alt aliaj numit „Cunife", compus din 60% Cupru, 20% nichel și 20% fier, are $B_r = 5\,550$ Gs și $H_c = 500$ Oe.

Cu toate că s-au putut obține aliaje cu caracteristici satisfăcătoare, folosirea purtătorilor cu sîrmă în exploatarea magnetofoanelor are multe neajunsuri : înnodarea lor în caz de rupere este dificilă, se încîlcesc ușor, uzează rapid capetele, au efect de torsiune. De asemenea, nu se pot folosi la alcătuirea montajelor sonore (fonomontajelor) din cauza unirii dificile a porțiunilor separate. Datorită însă avantajului de a avea un volum mult mai redus decît al celorlalte purtătoare magnetice, ele sînt folosite des în cazurile cînd este necesar un volum redus (magnetofoane portabile și magnetofoane speciale pentru înregistrări de lungă durată).

În studiourile de radiodifuziune și pretutindeni unde cerințele de calitate primează se folosesc ca purtătoare magnetice benzi de magnetofon.

2. BENZI MAGNETICE

Benzile magnetice se împart, după structura lor, în benzi stratificate și în benzi masive, iar după proprietățile lor magnetice, în benzi dure (cu forță coercitivă mare) și moi (cu forță

coercitivă mică). În fig. IV-1 sînt arătate curbele de transfer tipice ale benzilor dure și moi.

Benzile se livrează de obicei în rulouri de 180, 360, 500 și 1 000 m lungime, lățimea benzii fiind de 6,5 sau 6,35 mm. Ele sînt înfășurate pe butuci sau pe bobine, din metal sau material plastic. Benzile stratificate au un suport de hîrtie, acetat de celuloză, trinitrat de celuloză sau clorură de polivinil, pe care se aplică, pe una sau pe ambele fețe, o emulsie de oxid de fier, amestecat cu o soluție sintetică. Oxidul de fier formează cca 70% din greutatea benzii, sau 40% din volumul ei.

La benzile masive oxizii de fier și clorura de polivinil se amestecă și formează o masă intimă în care oxizii de fier reprezintă cca 30% din greutate, sau 10% din volum.

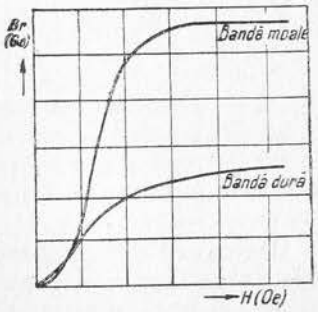


Fig. IV-1. Curbe tipice de transfer ale benzilor.

Oxizii de fier se obțin din săruri de fier. După diferite procese chimice se obține Fe_3O_4 (oxid negru) și din acesta prin oxidare Fe_2O_3 (oxid roșu). Din grăunțele de oxizi de fier, care au mărimea de cca 1 mm, se obțin, după măcinare, particule de cca 0,2 μ. Cu cît este mai mare forța coercitivă a oxizilor, cu atît se obțin mai greu particule mici. Benzile care conțin astfel de oxizi (cu forță coercitivă mare) nu suportă tensiuni mecanice, deoarece stratul magnetic se cojește ușor. Aceste benzi sînt mai puțin elastice și se folosesc la magnetofoane cu viteză de antrenare mică (9 cm/s și 19 cm/s).

Forța coercitivă maximă care s-a obținut la benzile magnetice este de aproximativ 500 Oe. Inducția remanentă variază de obicei între 400 și 800 Gs, iar permeabilitatea relativă între 1,5 și 2,5, pentru benzi masive și 2—4 pentru benzi stratificate.

3. PROPRIETĂȚILE BENZILOR DE MAGNETOFON

Așa cum s-a arătat în capitolul III, proprietatea unor purtătoare de sunete de a avea o bună curbă de răspuns la frecvențe înalte depinde de raportul dintre forța coercitivă și inducția remanentă, care trebuie să fie cît mai mare,

Acest raport este în medie 0,1 pentru sîrme și 0,25 pentru benzi. Cu toate că remanența materialului din care sînt formate particulele de oxizi este destul de ridicată, remanența

efectivă a stratului magnetic este mult mai mică (400—800 Gs), deoarece reluctanța magnetică este mult sporită prin prezența spațiilor mici care separă particulele de oxizi. Această remanență mică a benzilor față de sîrme este parțial compensată prin lățimea lor mult mai mare (6,35—6,5 mm) (fluxul crește cu lățimea purtătorului de sunet).

Prin alegerea materialului de suport, a materialului feromagnetic, prin variația spațiilor dintre particule și prin diferite procedee de fabricație, se obțin benzi de calitate diferită.

Factorii care caracterizează calitatea benzilor sînt următorii :

a) Sensibilitatea

Sensibilitatea absolută a unei benzi este forța electromotoare raportată la o spiră indusă într-un cap standard (v. cap. V), de un semnal de frecvență 1 000 Hz. înregistrat cu un cap standard, la curentul de polarizare optim și curentul de audiofrecvență normal.

Deoarece determinarea acestei valori este destul de dificilă, se definește și o sensibilitate relativă. Prin sensibilitatea relativă a unei benzi se înțelege raportul dintre tensiunea indusă de banda studiată în capul de redare și tensiunea indusă de o bandă „etalon" *) în același cap, ambele benzi fiind înregistrate cu același cap, același curent de audiofrecvență și la curentul optim de polarizare. După cum rezultă un raport supraunitar sau subunitar se obține o valoare pozitivă sau negativă în db pentru sensibilitatea relativă a benzii încercate, față de banda etalon.

Nivelul înregistrat pe bandă depinde în primul rînd de proprietățile magnetice ale oxizilor și de grosimea stratului activ. Nivelul înregistrat crește cu inducția remanentă maximă a materialului magnetic, cu grosimea stratului și cu densitatea oxizilor pe suprafața stratului. Inducția remanentă din bandă variază și în funcție de curentul de polarizare, dacă curentul de audiofrecvență este constant.

Variația nivelului înregistrat în funcție de curentul de polarizare pentru un curent de audiofrecvență constant ne dă curba sensibilității benzii respective. Inducția remanentă de pe bandă crește cu polarizarea, atinge un maxim și apoi descrește.

*) Aceasta este o bandă de bună calitate pe care se înregistrează, în condiții optime, semnale de referință pentru măsurări (v. cap. „Măsurări").

Punctul maxim depinde de proprietățile magnetice ale stratului, de grosimea lui și de frecvența curentului de audiofrecvență. Cu cît stratul este mai subțire, cu cît frecvența curentului audio este mai mare și cu cît forța coercitivă a materialului magnetic este mai mică, cu atît este mai mică valoarea curentului de polarizare pentru punctul de sensibilitate maximă.

În tabelele cu caracteristicile benzilor, sensibilitatea este caracterizată prin forța electromotoare indusă în înfășurarea unui cap de redare standard pentru punctul optim de funcționare. Ori acest punct optim de funcționare nu corespunde cu nivelul maxim care se poate înregistra pe bandă și este ales în funcție de distorsiunile de neliniaritate care nu trebuie să depășească 2,5—3% (valoare considerată ca nefiind supărătoare pentru ureche).

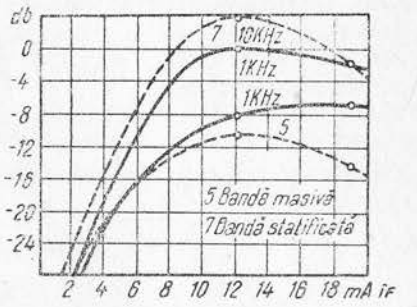


Fig. IV - 2. Variația nivelului înregistrat în funcție de curentul de polarizare, tensiunea de ieșire fiind măsurată la frecvența de 1 kHz și la frecvența de 10 kHz.

În fig. IV-4, unde se dau curbele de sensibilitate ale diferitelor tipuri de benzi în funcție de curentul de polarizare, se vede că la banda „Philips" tensiunea de ieșire maximă se obține la un curent de polarizare de 6 mA (curentul de audiofrecvență ales fiind de exemplu 8 mA) la care rezultă însă un factor de distorsiuni deneliniaritate de peste 5%. Punctul optim de funcționare pentru acest curent de audiofrecvență se obține la un curent de polarizare de 15 mA. Cu toate că tensiunea de ieșire U a scăzut de la 3 la 1,25 V, limita admisă pentru distorsiuni (2,5%) nu este depășită. Deci va trebui să ne limităm în

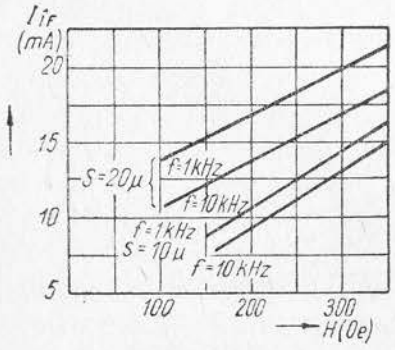


Fig. IV - 3. Curentul de polarizare *I* corespunzător maximului de sensibilitate în funcție de forța coercitivă *Hc*, la diferite frecvențe ale curentului de audio și la diferite grosimi, *S*, ale stratului activ al benzii.

practică la această sensibilitate mai redusă (v. fig. IV-12).

b) Caracteristica de frecvență

Prin caracteristica de frecvență a unei benzi magnetice se înțelege variația tensiunii induse în capul de redare de către acea bandă, în funcție de frecvența semnalului înregistrat, menținîndu-se constant curentul din capul de înregistrare

În cazul ideal, neglijînd toate pierderile datorite factorilor studiați anterior (v. cap. IV), tensiunea indusă în înfășurarea capului de redare trebuie să fie proporțională cu frecvența. Se obține o caracteristică de frecvență rectilinie cu o pantă de 6 db pe octavă (liniile punctate din fig. IV-5).

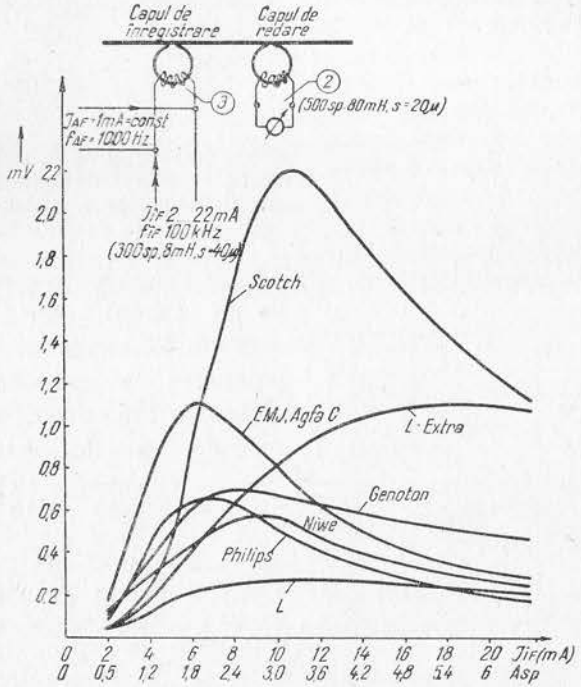


Fig. IV - 4. Curbele de sensibilitate pentru diferite tipuri de benzi în funcție de curentul de polarizare.

În realitate din cauza efectului de întrefier al autodemagnetizării benzii și a altor cauze, proporționalitatea dintre

tensiune și frecvență se menține pînă în jurul frecvenței de 1 000 de Hz (la o viteză a benzii de 76 cm/s), după care caracteristica de frecvență după o creștere mai lentă atinge un maxim și începe să descrească (curbele continue din fig. IV-5).

În curbele alăturate se dau caracteristicile de frecvență pentru șase tipuri diferite de benzi-ridicate fiecare pentru două valori ale curentului de polarizare — pentru 5 mA și pentru 20 mA — și pentru un curent de audiofrecvență constant de 1 mA.

Forma acestor curbe este similară cu aceea care se obține dacă se ridică pentru valorile optime ale curentului de polarizare și de audiofrecvență corespunzătoare fiecărui tip de bandă.

În partea superioară a figurilor este reprezentată, în funcție de frecvență, atenuarea datorită diferitelor pierderi din cap și din bandă din care partea cea mai importantă o reprezintă cele datorită autodemagnetizării benzii (cca 70%). Scăzînd această curbă a pierderilor din curba ideală punctată, obținem caracteristica de frecvență reală a benzii (curbele continue).

Din aceste curbe de atenuare se poate determina pentru fiecare tip de bandă, lungimea de undă caracteristică — δ (v. cap. III „Autodemagnetizarea"). Ea reprezintă lungimea de undă înregistrată pe bandă pentru care tensiunea indusă în capul de redare scade datorită demagnetizării benzii la frecvențe înalte la a e-a parte ($1/2{,}71 = 0{,}368$). Această curbă variază cu $e^{-\frac{\delta}{\lambda}}$ sau, exprimat în funcție de frecvență, $e^{-\frac{f}{f_1}}$, unde f_1 reprezintă acea frecvență la care tensiunea indusă scade la 37% din valoarea inițială. Cu cît f_1 va fi mai mare, cu atît demagnetizarea la frecvențe înalte va fi mai mică. Practic se determină valoarea lui δ din curbele corespunzătoare unei viteze destul de mari pentru bandă, astfel încît efectul întrefierului să poată fi neglijat. În aceste condiții frecvența (respectiv lungimea de undă) pentru care caracteristica de frecvență își atinge maximul și începe să scadă ne dă, cu aproximație destul

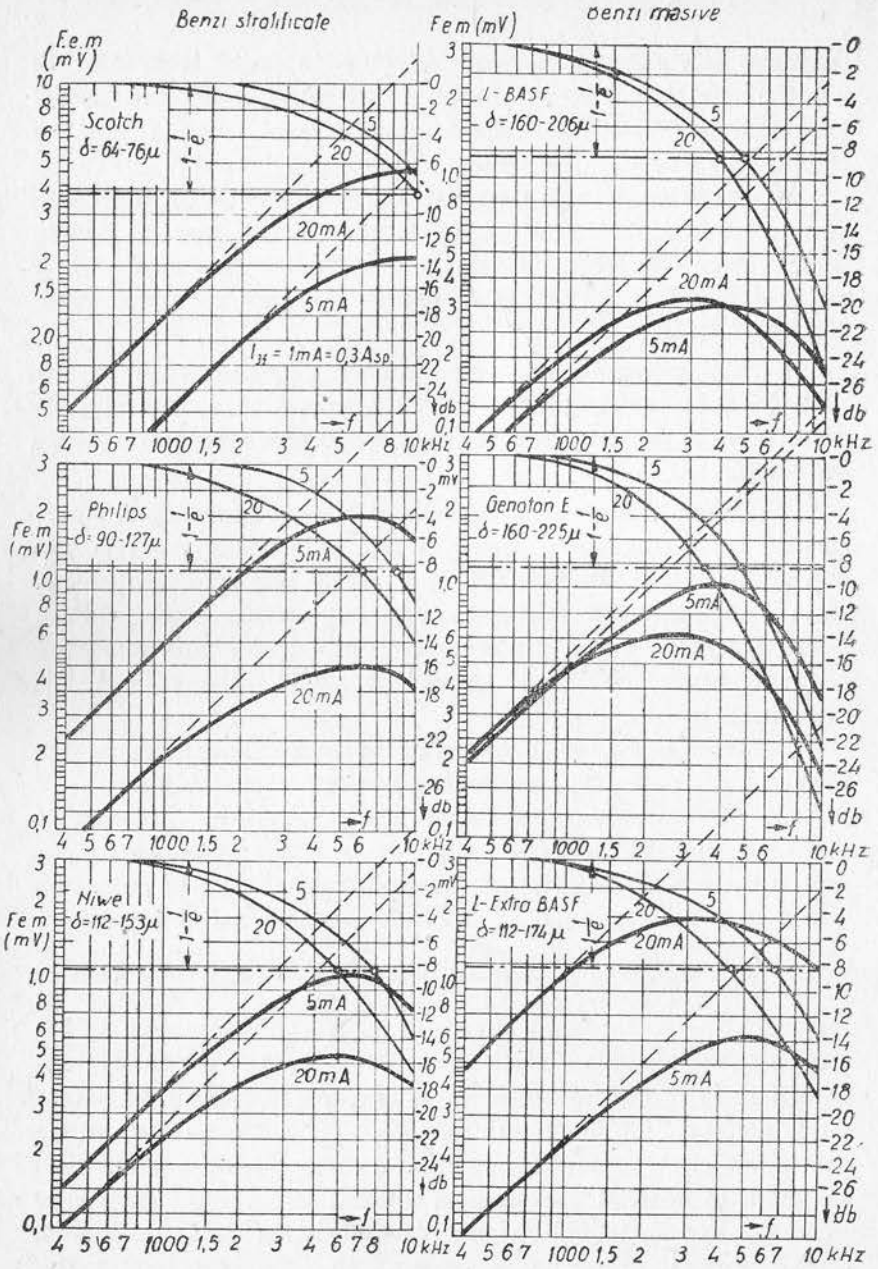


Fig. IV-5. Caracteristica de frecvență a cîtorva tipuri de purtătoare feromagnetice, la două valori ale curentului de polarizare (5 mA și 20 mA). Viteza benzii ; 76,2 cm/s. Curentul de audiofrecvență : 1 mA.

de bună, valoarea lui δ. Pentru determinarea lui δ se intersectează curbele de atenuare cu o orizontală trasată cu 1 Np (8,7 db), sub dreapta corespunzătoare nivelului de 0 db (20 log $\frac{1}{e} = -1$ Np). Punctul de intersecție obținut ne indică frecvența f_1 din care rezultă δ cu ajutorul relației

$$\delta = \frac{V}{f_1}$$

în care V este viteza de deplasare a benzii.

Lungimea de undă caracteristică indică posibilitatea de înregistrare a frecvențelor înalte pentru fiecare tip de bandă. O bandă are la frecvențe înalte o curbă de răspuns cu atît mai apropiată de cea liniară, cu cît valoarea lui δ este mai mică. La benzile utilizate astăzi valorile lui δ sînt cuprinse între 50 și 200 μ.

Cunoașterea lui δ permite calcularea corecției necesare în amplificatorul de înregistrare și redare. Pentru a putea înlocui un tip de bandă cu alt tip de bandă, fără a schimba corecțiile

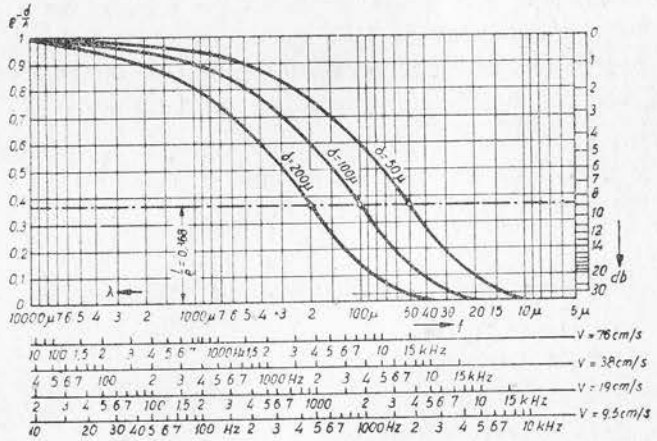


Fig. IV-6. Variația expresiei $e^{-\frac{\delta}{\lambda}}$ cu lungimea de undă înregistrată, pentru diferite valori ale lui δ.

amplificatoarelor, valorile lui δ nu trebuie să difere cu mai mult de 17 μ.

Curbele de variație ale lui $e^{-\frac{\delta}{\lambda}}$, în funcție de lungimea de undă înregistrată λ pentru diverse valori ale lui δ sînt date în fig. IV-6.

c) Dinamica de repaus

Prin dinamica de repaus a benzii se înțelege raportul dintre nivelul util maxim nedistorsionat și nivelul zgomotului de fond datorit benzii, în lipsa semnalului audio.

Cu valori mari ale curentului de polarizare se obține o dinamică de repaus mai bună. Dinamica de repaus a benzilor moderne întrece valoarea de — 60 db.

La benzi masive zgomotul este mai pronunțat. Benzile masive se încarcă cu sarcini electrostatice, care provoacă prin descărcare pocnituri supărătoare. Din cauza încărcărilor electrostatice, aceste benzi atrag particule de praf care înrăutățesc contactul dintre cap și bandă.

d) Dinamica de lucru

Cu apariția joasei frecvențe apar zgomote parazite din cauza neomogenității fizice a structurii magnetice a benzii. Prin dinamica de lucru se înțelege raportul (exprimat în db) dintre semnalul util maxim nedeformat și zgomotele asociate acestui semnal, adică zgomotele „de modulație".

Zgomotele parazite numite și zgomote de modulație cresc cu cît curentul de modulație este mai mare și cu cît contactul dintre cap și bandă este mai imperfect.

e) Atenuarea distorsiunilor de neliniaritate

O oscilație sinusoidală înregistrată pe o bandă de magnetofon apare la redare deformată, conținînd pe lîngă fundamentală și armonica a 3-a.

La măsurarea benzilor de magnetofon se determină printre alte mărimi și raportul dintre amplitudinea armonicii a 3-a și cea a fundamentalei. Acest raport, exprimat în decibeli, dă atenuarea distorsiunilor de neliniaritate.

La un curent de audiofrecvență dat, atenuarea distorsiunilor de neliniaritate depinde de proprietățile magnetice ale benzii și de curentul de polarizare. În fig. IV-7 se arată variația distorsiunilor de neliniaritate în funcție de curentul de polarizare pentru diferite tipuri de benzi.

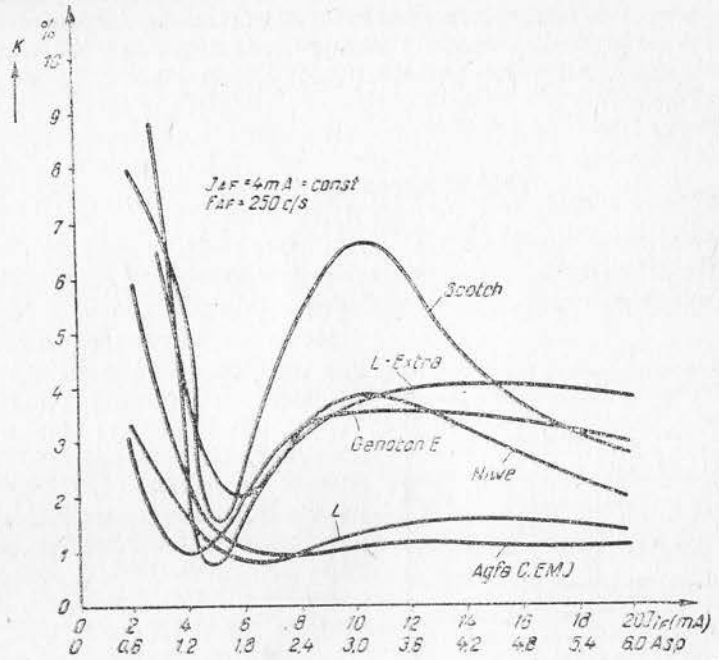


Fig. IV-7. Factorul de distorsiuni de neliniaritate la diferite tipuri de benzi în funcție de polarizare, la un curent de audiofrecvență constant.

Factorul de distorsiuni de neliniaritate nu trebuie să fie mai mare de 3%. În fig. IV-8 sînt reprezentate curbele de sensibilitate și cele ale factorului de distorsiuni de neliniaritate în funcție de curentul de polarizare pentru diferite valori ale curentului audio. Din aceste curbe se poate alege punctul optim de funcționare al benzii care ar corespunde unui curent de polarizare de 15 mA) la un curent de audiofrecvență de 4 mA.

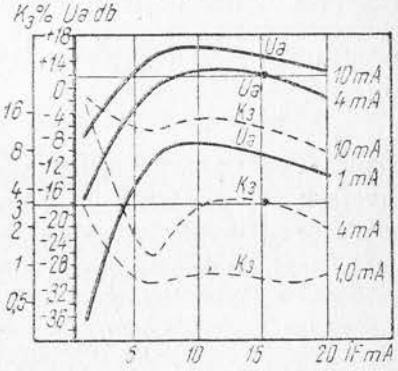


Fig. IV-8. Tensiunea de ieșire și factorul de distorsiuni de neliniaritate în funcție de curentul de polarizare la o bandă LGN, pentru diferite valori ale curentului de audiofrecvență.

În adevăr, la aceste valori, se obține o sensibilitate satisfăcătoare a benzii, cu distorsiuni acceptabile, fără a lucra într-o porțiune abruptă a curbei (în porțiunile abrupte — în jurul polarizării de 5 mA, de exemplu), la cea mai mică variație a polarizării se produc variații neplăcute de nivel și de distorsiuni.

f) Atenuarea de ștergere

Pentru a putea evalua posibilitatea de ștergere a unei benzi s-a introdus mărimea atenuării de ștergere. Prin aceasta se înțelege raportul dintre tensiunea măsurată la ieșirea amplificatorului de redare, la redarea unei benzi pe care s-a înregistrat un semnal cu frecvența de 1 000 Hz (cu nivel maxim nedistorsionat) și tensiunea măsurată în același punct, după ștergerea modulației înregistrate. Normele prevăd păstrarea benzii înregistrate timp de o săptămînă, înainte de ștergere.

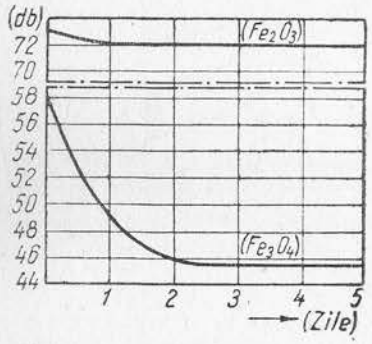


Fig. IV-9. Variația atenuării de ștergere în funcție de timp, pentru benzi cu oxid negru (Fe_3C_4) și pentru benzi cu oxid roșu (Fe_2O_3).

Valoarea atenuării de ștergere depinde de proprietățile magnetice ale benzii (de forța coercitivă a materialului magnetic), de curentul de polarizare și de contactul dintre cap și bandă.

La o bandă ștearsă, pot să apară după un timp urme ale modulației înregistrate. Acest fenomen de „reamintire" se observă mai ales la benzi cu oxid negru (Fe_3O_4). Fig. IV-9 ne arată că atenuarea de ștergere a unei benzi cu oxid negru a scăzut în trei zile cu 12 db.

g) Atenuarea de copiere

După cum s-a arătat în capitolul III, efectul de copiere constă în aceea că unele sunete înregistrate pe bandă se copiază pe spirele vecine (fig. IV-20). Se cere ca benzile să aibă un efect de copiere redus, adică o atenuare de copiere — mai mare de 50 db. Valoarea aceasta reprezintă raportul dintre valoarea unui impuls scurt de 1 000 Hz înregistrat la nivel nominal și nivelul cu care apare copia pe spirele vecine. Dacă U_s este tensiunea care apare la ieșirea amplificatorului de redare, datorită impulsului inițial, și U_c este tensiunea de ieșire datorită impulsului copie, atenuarea de copiere are valoarea:

$$A_c = 20 \log \frac{U_s}{U_c} \text{ db} .$$

Prin măsurare trebuie să se constate în ce măsură se copiază, pe spirele vecine, exterioare și interioare, un semnal de

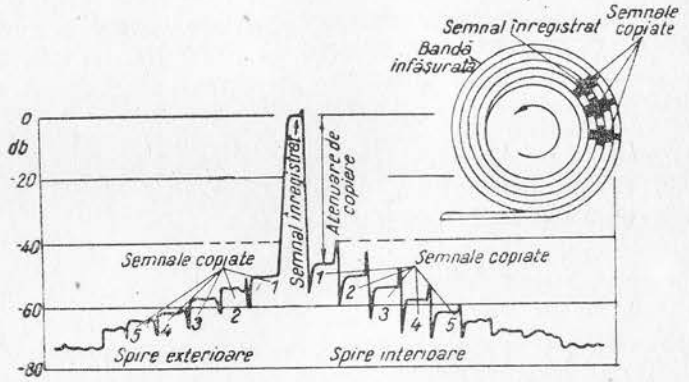


Fig. IV-10. Forma semnelor datorite efectului de copiere.

1 000 Hz, cu modulație maximă, înregistrat pe o spiră oarecare a benzii.

Se poate reduce întrucîtva valoarea ecoului dacă se reduce curentul de polarizare de înaltă frecvență sau dacă se demagnetizează banda cu 1—2 luni înaintea înregistrării, și nu se pune în circuit capul de ștergere atunci cînd se face înregistrarea. Acest procedeu are însă avantaje reduse față de incomoditatea apreciabilă care apare în exploatare.

Valoarea ecoului crește în timpul depozitării benzilor, deoarece procesul de magnetizare necesită timp destul de îndelungat. De aceea, dacă împrejurările permit, banda nu tre-

buie înfășurată pe butucul din dreapta în cursul înregistrării, ci trebuie strînsă într-o cutie separată. O depozitare de acest gen este, bine înțeles, imposibilă pentru un număr mare de benzi.

Se poate obține o reducere a „ecoului", imediat înainte de redare, bobinînd banda de cîteva ori de pe un butuc pe altul.

h) Uniformitatea de sensibilitate

Din cauza neuniformității fizice și geometrice a benzii feromagnetice, semnalul înregistrat pe o anumită lungime nu are o amplitudine constantă. Variația acestui semnal, de-a lungul celei mai lungi benzi cu care se poate lucra pe un anumit aparataj, trebuie să rămînă în anumite limite. Lungimea normală, la care se referă datele, este de 1 000 m.

Pentru a determina uniformitatea de redare a benzii se înregistrează pe bandă un semnal de 1 000 Hz, cu un curent de modulație dat și se determină în același timp la un aparat înregistrator (sau la un voltmetru electronic), cît de mari sînt deviațiile tensiunii de redare. Diferența dintre cea mai mare și cea mai mică deviație, raportată la valoarea medie, ne dă (în db) valoarea variațiilor de sensibilitate a benzii. Această valoare nu trebuie să depășească 2 db.

$$A_{db} = 20 \log \frac{U_e}{U_m},$$

în care U_e este variația maximă de tensiune, datorită neuniformității de sensibilitate a benzii, și

U_m — valoarea medie a tensiunii de redare.

i) Concluzii privind utilizarea benzilor

Proprietățile principale pentru șase tipuri diferite de benzi sînt date în tabela IV-1. Caracteristicile benzii Agfa C, care nu sînt date în tabelă, sînt identice cu cele ale benzii EMI (v. fig. IV-5 și IV-7).

Din performanțele electroacustice date în tabela IV-1, valorile subliniate sînt cele optime. Ele pot fi obținute prin alegerea valorilor punctului de funcționare indicate în coloanele 3 și 5.

Punctele de funcționare optime se obțin prin alegerea

unor valori ale curenților de polarizare și de audiofrecvență din capul de înregistrare, astfel încît să rezulte caracteristici favorabile privind sensibilitatea benzii, dinamica și caracteristica ei de frecvență.

La alegerea punctului optim de funcționare trebuie să se țină seama de faptul că factorul de distorsiuni de neliniaritate nu trebuie să depășească valoarea de 2,5%, considerată ca nefiind încă supărătoare.

Curenții de polarizare și audiofrecvență se aleg deci astfel, încît, pe de o parte, să se obțină un nivel înregistrat nedistorsionat cît mai mare și, pe de altă parte, punctul de funcționare să nu se găsească într-o regiune abruptă a curbelor de sensibilitate și distorsiuni (fig. IV-11). Se poate alege un punct de funcționare diferit de cel definit mai sus, adică se poate face un compromis, renunțînd într-o oarecare măsură la nivelul maxim, dacă prin schimbarea punctului de funcționare se obține o îmbunătățire apreciabilă a altei caracteristici (mai ales a dinamicii).

De exemplu, pentru banda Niwe s-ar obține o f.e.m. la redare de 2,07 mV și o dinamică de lucru de 30 db în punctul de funcționare A_1; pentru a obține însă o îmbunătățire de 16 db a dinamicii, se lucrează în punctul A_2, deși f.e.m. obținută este numai de 1,62 mV.

La banda *L* extra BASF, în punctul optim de funcționare (A_2), rezultă o f.e.m. în capul de redare de 2,1 mV și o dinamică de 54 db; în punctul de funcționare A_3 — deși se obține o f.e.m. mai mare: 2,7 mV, dinamica este însă ceva mai mică (53 db) și se alege punctul A_2 ca punct optim de functionare.

Caracteristicile benzilor din tabela IV-1 au fost ridicate folosind capete de înregistrare și redare standardizate cu un anumit număr de spire: 300 spire la capul de înregistrare și 500 de spire la capul de redare.

Numărul de amperspire pentru capul de înregistrare și de, μ V pentru o spiră pentru capul de redare sînt date pentru a se putea deduce curenții și tensiunile care rezultă dacă folosim capete cu un număr de spire diferit de cel folosit la măsurarea performanțelor electroacustice ale benzilor din tabela de mai sus. Cifrele care indică f.e.m. în capul de redare au fost obținute la mers în gol, adică pentru capul de redare fără sarcină.

Pentru aprecierea caracteristicii de frecvență a benzii se dă valoarea lui δ (lungimea de undă caracteristică), iar în coloana alăturată atenuarea la 10 000 de Hz).

Tabela IV-1

Principalele performanţe electroacustice ale benzilor feromagnetice

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Tipul benzii	Punctul de funcţionare				Sensibilitatea			Caract. de frecvenţă					
Benzi stratificate	Curentul de polarizare (frecvenţa 100 kHz)		Curentul de audiofrecv. (250 Hz) pt. a avea un factor de dist. de neliniaritate $k \leqslant 2{,}5\%$		F.e.m. în gol în capul de redare pt. un curent audio de 1 000 Hz 1 mA (mV)	F.e.m. în capul de redare în pct. de fcţ. pt. o frecvenţă de 1 000 Hz (mV)	Raportul dintre f.e.m. şi n-rul de spire ale înfăşurării capului de redare în pct. de funcţ. pt. frecvenţa de 1 000 Hz $\mu_{V/1\ sp}$	Constanta de demagnetizare δ (μ)	Scăderea amplitudinii la 10 000 Hz în raport cu cea de la 1 000 Hz pentru v=76,2 cm/s (db)	Dinamica de lucru [db]	Curent de polarizare (pct. de funcţ. optim) ; în paranteză e a 2-a valoare (mA)	Curentul minim de ştergere (frecv. 50 kHz)	
	mA	A.sp.	mA	A sp.								mA	A.sp.
Skotchtape 111 **A**	A.1 5 A.2 15 A.3 20	1,5 4,5 6	8,5 2,7 3,7	2,55 0,71 1,11	0,462 1,75 1,25	3,9 4,74 4,6	7,8 9,48 9,2	64 70 76	6,5 7,5 8,5	43 59 53	15	140	21
Philips	A.1 10 A.2 15 A.3 20	3 4,5 6	6 8 10	1,8 2,4 3	0,50 0,312 0,20	3 2,5 2	6 5 4	90 127	11 14	34,5 33 30,6	10 (15)	110	16,5
Niwe	A.1 4 A 2 8 A.3 17 A.4 25	1,2 2,4 5,1 7,5	8 3 4 6	2,4 0,9 1,2 1,8	0,26 0,54 0,31 0,25	2,07 1,62 1,54 1,5	4,14 3,24 2,4 3	112 153	14 17	30,4 46 37 26,5	8	110	16,5
Benzi masive													
L-BASF	A.1 10 A.2 15	3 4,5	10 12	3 3,6	0,262 0,25	2,62 3	5,24 6	160 205	20 25	45 45	10 (15)	120	18
Genoton E	A. 1 4 A. 2 8	1,2 2,4	5 3	1,5 0,9	0,35 0,67	1,75 2	3,50 4	166 225	23 28	38 45	8	110	16,5
L-Extra BASF	A.1 5 A.2 10 A.3 15	1,5 3 4,5	12,4 2,5 2,5	3,72 0,75 0,75	0,262 0,838 1,075	3,26 2,1 2,7	6,52 4,2 5,4	112 174	13,5 18,5	44 54 53	10 (15)	130	19,5

Se vede că la valori mari ale lui δ atenuarea la frecvențe înalte crește ; ea crește și cu mărirea curentului de polarizare. Aceasta se datorește probabil faptului că la creșterea curentului de polarizare reluctanța în partea subțiată a capului de înregistrare crește din cauza saturației parțiale, permeabilitatea materialului magnetic scade, iar dispersiunea cîmpului capului de înregistrare devine mai accentuată.

Influența curentului de polarizare asupra redării frecvențelor înalte se manifestă și în alt fel, și anume : o dată cu creșterea cîmpului de polarizare, crește adîncimea de pătrundere a înregistrării (v. cap. III). Ori, cîmpul superficial datorit frecvențelor înalte înregistrate în profunzime este mai slab decît cîmpul datorit unei înregistrări superficiale. Rezultă deci o anumită atenuare a redării frecvențelor înalte.

Criteriile pentru alegerea punctului optim de funcționare au fost arătate mai sus. Mai trebuie luat în considerare și felul instalației de înregistrare la care va fi folosită banda. La instalațiile din studiouri, cu viteze mari de deplasare a benzii (77 cm/s), punctul de funcționare se va alege astfel ca să se obțină o dinamică cît mai bună. O caracteristică de frecvență mai puțin favorabilă poate fi mai ușor corectată la aceste instalații. La magnetofoane cu viteze mici de deplasare a benzii (19 și 9 cm/s), cum sînt magnetofoanele portabile și cele de amatori, punctul de funcționare se va alege ținînd seama și de caracteristica de frecvență a benzii. La magnetofoane cu viteze de deplasare mică se vor folosi benzi cu valori mici ale lui δ. și se vor alege valori relativ mici pentru curentul de polarizare, pentru a evita o atenuare la frecvențele înalte.

După cum s-a mai arătat, punctele optime de funcționare ale benzilor (tabela IV-1) au fost determinate folosind capete de înregistrare standardizate, cu un număr de spire și o construcție geometrică a întrefierului determinate (300 spire — secțiunea miezului în dreptul întrefierului 0,063 cm² și lățimea întrefierului 40 μ).

La alegerea curentului de polarizare pentru punctul de funcționare optim va trebui ținut seamă deci de faptul că inducția în întrefier depinde, în afară de numărul de spire ai înfășurării, și de secțiunea transversală și de lățimea întrefierului capului de înregistrare. La un întrefier mai îngust, inducția crește și necesită deci un curent mai mic la același număr de spire.

Secțiunea transversală a întrefierului se micsorează datorită uzurii capului (șlefuirea suprafeței sale datorită benzii), ceea ce are ca urmare, pe de o parte, o creștere a inducției în

întrefier, din cauza reducerii secțiunii fierului în această porțiune, iar pe de altă parte, inducția scade din cauza reducerii secțiunii întrefierului de aer și creșterii corespunzătoare a reluctanței. Tot datorită uzurii însă, întrefierul se mărește, inducția scade și curentul de polarizare va trebui schimbat.

Rezultă că, datorită uzurii, se schimbă caracteristicile capului și va trebui verificat, după un timp de exploatare. dacă punctul de funcționare ales a rămas cel optim.

Pentru a regla punctul optim de funcționare al unei instalații cu ajutorul tabelei IV-1, chiar în cazul cînd nu se cunosc exact datele capului de înregistrare, se procedează astfel : se încearcă mai multe valori ale curentului de polarizare, pînă se determină valoarea la care nivelul înregistrat este maxim. Fie această valoare a curentului de polarizare I_M , iar valoarea care rezultă din curbe, pentru nivel maxim, I_{MC} (10 mA, pentru banda Scotch, de exemplu) ; valoarea optimă I_0 va rezulta din relația :

$$\frac{I_M}{I_o} = \frac{I_{MC}}{I_{oT}},$$

unde I_{OT} este valoarea optimă din tabela IV-1. Pentru exemplul de sus, dacă s-a determinat I_M = 8 mA, I_{MC}(din curbe)= = 10 mA, iar I_{OT} (din tabelă) = 15 mA, avem :

$$\frac{8}{I_0} = \frac{10}{15}, \quad I_0 = 15\,\frac{8}{10} = 12 \text{ m A}.$$

Majoritatea benzilor moderne necesită un curent de polarizare între 10 și 15 mA cu capete standard (3—4,5 A sp). În general. caracteristica de frecvență a benzilor stratificate e mai bună de cît a celor masive. La alegerea benzilor pentru înregistrări de calitate, trebuie ținut seama și de proprietățile lor mecanice, care trebuie să rămînă constante în timp.

4. MĂSURAREA PROPRIETĂȚILOR MECANICE ALE BENZILOR. LAȚIMEA ȘI GROSIMEA BENZII

Lățimea benzii se măsoară cu un microscop. Grosimea benzii se măsoară cu un micrometru. Proba se face în mai multe locuri.

Rezistența de rupere. La viteza normală tracțiunea maximă admisibilă este de 250 g. La pornire tracțiunea este de 3—4 ori valoarea din timpul antrenării normale. Pentru a avea un coeficient de siguranță se cere o rezistență de rupere de 2 kg. Încercarea se face cu o porțiune de 100 cm lungime din fiecare bandă, asupra căreia se exercită un efort crescător pînă ce se rupe banda. Forța la care se rupe banda, raportată la secțiunea benzii, se numește rezistența de rupere. Deoarece rezistența de rupere depinde de temperatură și de umiditate, încercarea se face după ce banda a stat un timp într-o cameră cu temperatură și umiditate constantă și cunoscută.

Alungirea benzii. Alungirea benzii poate fi temporară — alungire elastică — sau permanentă — alungire plastică. Încercarea se face cu o porțiune de bandă de 100 cm lungime care se încarcă cu o forță de 1 kg, timp de un minut, după care se măsoară alungirea benzii.

Alungirea elastică trebuie să fie mai mică de 1,5%, iar cea plastică mai mică de 0,3%.

Banda trebuie să se aplice plan pe capete fără să formeze gheburi. Verificarea se face prin sondaje după un timp mai îndelungat de depozitare a benzii.

5. PASTRAREA BENZILOR

Se depozitează orizontal sau vertical fără presiuni sau eforturi locale.

— Temperatura de păstrare a benzilor trebuie să fie între 10 și 20°C.

— Umiditatea relativă 50—60%.

— Temperaturi mai mari de 30° C sînt dăunătoare.

— Se evită variații bruște de temperatură sau de umiditate.

— Pentru benzi păstrate în aceste condiții, nu s-a constatat o scădere a calităților de redare nici după 10 000 redări.

CAPITOLUL V

CAPETE DE MAGNETOFON

1. GENERALITAȚI

Fiecare din cele trei operații de bază, înregistrarea, ștergerea și redarea cere anumite proprietăți ale capetelor de magnetofon. După funcțiile pe care le îndeplinesc capetele, ele pot fi clasificate în capete de înregistrare, ștergere și redare. Este posibil ca două sau chiar toate funcțiunile de mai sus să fie îndeplinite de un singur cap. Această posibilitate este folosită la magnetofoanele cu dimensiuni reduse (portabile) unde deseori funcțiunile de înregistrare și redare sînt îndeplinite de un singur cap.

În instalațiile studiourilor de radiodifuziune se folosesc magnetofoane cu trei capete, ceea ce asigură calitatea cerută a înregistrărilor și redărilor și oferă posibilitatea de a controla modulația înregistrată chiar în timpul înregistrării.

Forma geometrică a capetelor poate fi diferită. În instalațiile profesionale se folosesc capete toroidale (inelare), care se compun din două semiinele așezate simetric, pe care sînt montate simetric carcasele cu înfășurările necesare producerii fluxului magnetic. Între jumătățile miezului este presată o plăcuță de cupru, bronz fosforos sau bronz de beriliu, a cărei grosime caracterizează lățimea întrefierului geometric al capului respectiv. Miezul este format din foi de tablă de 0,05—0,2 mm, izolate între ele, reducînd astfel curenții turbionari. Fig. V-1 arată părțile componente ale unui cap de magnetofon și dimensiunile lor.

Pentru construcția capetelor se utilizează miezuri din materiale magnetice cu permeabilitate mare, remanență mică și

forță coercitivă mică. Acestor cerințe le corespund aliajele cunoscute sub denumire de permalloy, miumetal etc.

Tendința de standardizare a instalațiilor de magnetofoane, în vederea ușurării schimburilor de programe înregistrate

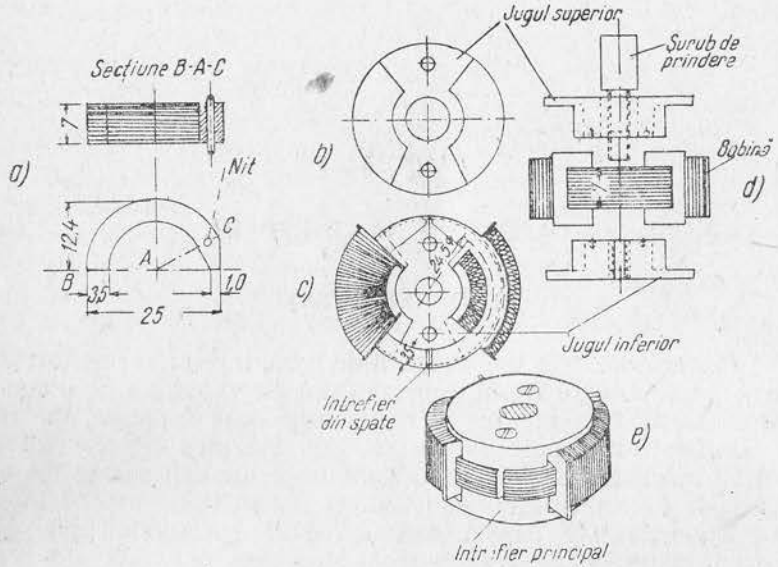


Fig. V-1. Detalii de construcție ale unui cap de magnetofon:
a — jumătate din miezul unui cap; *b* și *e* — capul gata montat; *c* — capul văzut fără jug de strîngere; *d* — piesele componente ale capului.

pe bandă de magnetofon, impune și o normalizare în construcția capetelor. Astfel, capetele pentru viteze standardizate de 76,2 și 38,1 cm/s, au diametru de 25 mm și secțiuni de 3×7 mm. Secțiunea este astfel aleasă încît valoarea inducției instantanee a materialului folosit pentru miez să nu ajungă în zona neliniară a curbei de histerezis. Secțiunea miezului se micșorează în porțiunea întrefierului activ pentru a obține o inducție mărită în întrefier. La un cap de înregistrare inducția medie este de 200 Gs. și crește în întrefier la 900 Gs ; materialele folosite pentru miez au o inducție de saturatie mare. de peste 10 000 Gs.

Calitatea capului depinde de prelucrarea atentă a miezului și, în special, de șlefuirea precisă a întrefierului și a feței care aderă la bandă. Miezul este bine strîns într-un jug din

material nemagnetic, în așa fel încît să fie evitată o dereglare a întrefierului.

La cele mai multe tipuri de magnetofoane, cele trei capete sînt fixate într-o montură dintr-un material nemagnetic, (fig. V-2), care este o unitate separată, ușor demontabilă, prevăzută cu un sistem de contacte pentru conectarea capetelor. O astfel de unitate este denumită bloc de capete.

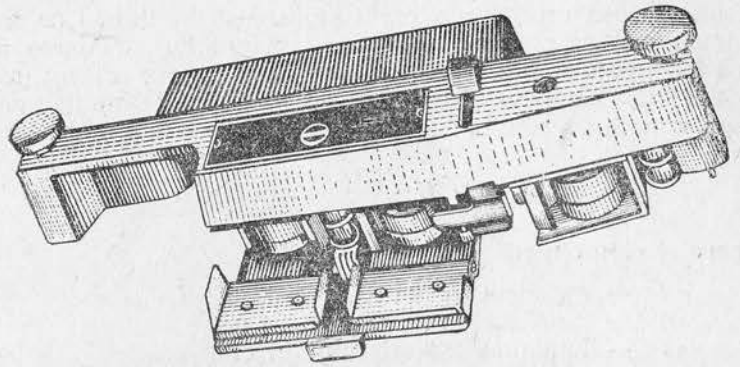


Fig. V-2. Bloc de capete.

La unele execuții se folosesc sisteme de fixare separată pentru fiecare cap în parte.

2. CAPETE DE ȘTERGERE CU CURENT CONTINUU

La unele magnetofoane, mai ales la magnetofoanele portabile, cu dimensiuni reduse, se folosește ștergerea cu curent continuu. Ștergerea poate fi efectuată de un solenoid alimentat cu curent continuu, sau de un magnet permanent capabil să satureze purtătorul magnetic. Dacă se folosește curentul continuu și pentru polarizare (în capul de înregistrare), cîmpul creat de acest curent trebuie să fie de sens opus cîmpului capului de ștergere.

Folosind un magnet permanent pentru ștergere, dimensiunile magnetofonului pot fi considerabil reduse, prin simplificarea părții de alimentare, reducerea dimensiunilor ei și a dimensiunilor oscilatorului, care în acest caz va trebui să furnizeze numai un curent redus pentru polarizare. Ștergerea cu curent continuu are dezavantajul că reduce dinamica înre-

2—41—52

gistrării. În instalatiile de calitate se foloseşte ştergerea cu curent alternativ.

3. CAPETE DE ŞTERGERE CU CURENT ALTERNATIV

Capetele folosite pentru ştergerea cu curent alternativ trebuie să dea un cîmp a cărui valoare să fie destul de mare pentru a satura complet purtătorul magnetic. Valoarea maximă a cîmpului trebuie să fie de cel puţin patru ori mai mare decît forţa coercitivă a purtătorului. Valoarea cîmpului poate fi aproximată cu relaţia :

$$H = \frac{0{,}4\pi ni}{l},$$

în care H este cîmpul în Oe :

i — curentul în A ;
n — numărul de spire ;
l — lungimea întrefierului în cm.

Producerea unui astfel de cîmp alternativ cere valori de curenţi de ordinul 100—200 mA si o putere care întrece de mai multe ori puterea folosită la ştergerea cu curent continuu, din cauza efectelor de histerezis şi a pierderilor prin curenţi turbionari, care intervin la curentul alternativ. Aceste pierderi cresc cu frecvenţa. De aceea, alegerea unui curent de frecvenţă convenabilă pentru alimentarea capului de ştergere depinde de anumite consideraţii. În principiu, valoarea frecvenţei curentului de ştergere n-ar avea importanţă dacă se respectă condiţia ca un element al purtătorului să fie supus unei acţiuni repetate a cîmpului de ştergere, care să descrească treptat către zero. Acestei cerinţe îi corespunde o distribuţie a cîmpului în întrefier, după o curbă în formă de clopot (v. cap. III). Folosind un întrefier relativ mare, se obţine o cădere lentă a curbei. S-ar putea folosi şi un curent cu o frecvenţă de 50 Hz respectînd condiţia pusă mai sus. Folosind însă o frecvenţă atît de joasă, dimensiunile întrefierului ar creşte considerabil. Considerînd că o particulă elementară a purtătorului de sunet în deplasarea ei a ajuns în mijlocul întrefierului şi trebuie să fie supusă la 5 cicluri complete de demagnetizare, aceasta ar necesita un timp de 5/50 s = 0,1 s. La o viteză de deplasare a purtătorului de 76 cm/s, jumătatea întrefierului va trebui să aibă în acest caz o lăţime de 7,6 cm deci ar fi necesar un cap cu un întrefier de cca 15 cm. Atît din cauza dimensiunilor cît

şi din cauza dificultăţilor de ecranare, un astfel de cap, practic, nu va putea fi folosit.

Limita superioară pentru alegerea frecvenţei de ştergere este dată de pierderile care intervin şi care cresc cu frecvenţa. Se folosesc curenţi cu o frecvenţă cuprinsă între 30 000 şi 80 000 Hz.

Din punct de vedere al construcţiei, capul de ştergere diferă de celelalte capete prin dimensiunile mai mari ale întrefierului, care sînt de ordinul a 0,2—0,5 mm. Cu toate că reluctanţa circuitului creşte cu mărirea întrefierului, deci cîmpul de inducţie creat de cap scade, această dimensionare este necesară pentru obţinerea unui cîmp de ştergere de o formă convenabilă.

Fig. V-3. Cap de ştergere compus din magneţi cu succesiune de polaritate alternativă.

Ca şi la celelalte capete, întrefierul este format dintr-o plăcuţă de cupru sau bronz de beriliu. Plăcuţa de cupru evită pe de o parte scurtcircuitarea întrefierului de către pulberea care provine din uzura benzii — şi pe de altă parte exercită o acţiune suplimentară asupra liniilor de forţă. Plăcuţa de cupru prezintă faţă de cîmp o spiră în scurtcircuit în care se induc curenţi turbionari. Aceştia produc un cîmp care se opune fluxului magnetic util, silindu-l să iasă mai puternic din întrefier şi să înceapă să iasă din materialul magnetic înainte de portiunea în care secţiunea miezului se micşorează. Această acţiune a întrefierului de cupru ajută în cazul capului de ştergere la crearea unui cîmp suficient de întins şi difuz, care descreşte treptat la zero.

Pentru ecranarea capetelor de ştergere se foloseşte un ecran de cupru care este fixat cu un şurub izolat de carcasa capului. Dacă şurubul nu ar fi izolat, el ar prezenta împreună cu ecranul o spiră în scurtcircuit pentru cîmpul de înaltă frecvenţă şi ar absorbi putere în mod inutil.

Pentru ştergerea cu cîmp alternativ se mai foloseşte un sistem de magneţi permanenţi sau electromagneţi care se succed cu polarităti alternative. Magneţii sînt aşezaţi cu o anumită înclinare faţă de purtător.

În acest caz banda este magnetizată succesiv într-un cîmp alternativ. Cîmpul descreşte cu distanţa magneţilor faţă de bandă şi inducţia finală va fi apropiată de zero. Reglajul unui astfel de cap (distanţa dintre magneţi, unghiul de înclinare),

este dificil. Dacă în urma unui reglaj imperfect banda va rămîne magnetizată cu o valoare oarecare, cîmpul de polarizare, produs de capul de înregistrare, este suficient de puternic pentru a neutraliza banda.

Unele magnetofoane, în special magnetofoanele cu dimensiuni reduse, nu sînt prevăzute cu capete de ştergere. Purtătorul va trebui deci şters în prealabil, înainte de folosire. Operaţia se execută apropiind ruloul cu bandă de un „demagnetizator", — un electromagnet alimentat la reţeaua de curent alternativ, care creează un cîmp de dispersiune puternic — şi apoi depărtîndu-l treptat de acesta. Se ajunge astfel la o demagnetizare completă a benzii. Un dezavantaj al sistemului îl constituie faptul că cîmpul de ştergere nu este bine delimitat şi nu se poate obţine ştergerea unor anumite porţiuni din bandă ci numai a întregului rulou.

4. CAPETE DE ÎNREGISTRARE

Cîmpul produs în întrefierul capului de înregistrare trebuie să fie concentrat (bine delimitat) şi proporţional cu curentul care circulă prin bobina de excitaţie a capului.

Aceste cerinţe trebuie să fie luate în considerare la construcţia capetelor de înregistrare. Repartiţia cîmpului nu este în funcţie numai de lăţimea întrefierului ci şi de raportul dintre permeabilitatea miezului şi permeabilitatea purtătorului magnetic. Acest raport trebuie să fie mare (mai ales cînd e necesar de a se înregistra semnale cu frecvenţe înalte), pentru a putea obţine o cădere abruptă a cîmpului la marginile întrefierului (v. cap. III). Dacă permeabilitatea materialului benzii este prea mare (sau cea a capului, prea mică), liniile de forţă părăsesc capul înainte de întrefier, mărind lăţimea lui efectivă şi stricînd forma distribuţiei cîmpului. De aceea, materialul folosit pentru miezul capului de înregistrare trebuie să aibă o permeabilitate cît mai mare. De asemenea trebuie pusă condiţia ca toate frecvenţele din banda de lucru să fie înregistrate cu aceeaşi intensitate, deci curentul care circulă prin înfăşurările bobinei de excitaţie trebuie să fie pe cît posibil independent de frecvenţă. Se ştie că pierderile de ori ce fel din cap cresc cu frecvenţa. Aceste pierderi vor trebui reduse la minimum prin folosirea de tole subţiri la construcţia pieselor polare şi izolarea lor unele de altele.

Impedanţa capului creşte proporţional cu frecvenţa. Pentru a obţine proporţionalitatea dintre curent şi frecvenţă, aceasta

trebuie să fie mică faţă de impedanţa sursei care alimentează capul şi care este de obicei un tub electronic (pentodă sau tetrodă).

Impedanţa capului trebuie să fie astfel aleasă încît frecvenţa sa proprie de rezonanţă să fie egală sau mai mare decît frecvenţa curentului de polarizare. Capacitatea distribuită a bobinei trebuie să fie deci mică, pentru a se obţine o frecvenţă proprie ridicată ; din aceleaşi motive se alege pentru capul de înregistrare o inductanţă relativ mică.

Inductanţa capului de înregistrare este de ordinul a 80 mH. sau 7 mH dacă capul este conectat prin intermediul unui transformator de adaptare.

5. CAPETE DE REDARE

Condiţiile de funcţionare ale unui cap de redare sînt mult mai dificile decît ale capetelor de ştergere sau înregistrare. De aceea şi cerinţele de execuţie şi de exploatare a capetelor de redare sînt mai severe.

Întrefierul capului, care trebuie să fie mai mic decît cea mai mică lungime de undă redată, cere o execuţie foarte precisă. Pentru magnetofoane cu viteza de deplasare a benzii mică (9 cm/s) se cere un întrefier mai mic de 10 μ.

Cîmpul produs de purtătorul magnetic înregistrat, care acţionează asupra pieselor polare ale capului de redare, este mic, mult mai mic decît cîmpurile la care sînt supuse capetele de înregistrare sau ştergere. Tensiunea maximă culeasă la bornele bobinei capului de redare este de ordinul a 1 mV. În aceste condiţii, influenţa cîmpurilor perturbatoare creşte mult şi ecranarea capului devine o problemă dificilă.

Capul de redare trebuie să fie amplasat departe de elementele generatoare de cîmpuri perturbatoare (motoare, mecanisme acţionate de curenţi alternativi — relee — transformatoare etc.). Aceste elemente trebuie să fie astfel orientate încît, în zona amplasării capului de redare să rezulte un cîmp perturbator minim. Uneori, se reuşeşte să se compenseze reciproc cîmpurile perturbatoare create de elemente diferite. Această măsură ajută mult la scăderea cîmpului perturbator cules de cap.

După cum s-a mai arătat, se impune o ecranare magnetică eficace a capului de redare. Se folosesc ecrane din materiale cu permeabilitate mare, din unul sau mai multe straturi.

Piesele polare ale capului trebuie să fie ferite de influenţa cîmpurilor magnetice continue (permanente). Cu cît remanenţa

materialului magnetic al miezului va fi mai mare, cu atît mai ușor va păstra capul o magnetizare remanentă mai mare. Se folosesc piese polare din permalloy, tratate termic, care au o remanență foarte scăzută. Dacă piesele polare sînt ulterior supuse unor eforturi mecanice (lovire, pilire, stringere) remanența lor crește și ele pot fi ușor magnetizate. Magnetizarea accidentală a pieselor polare provoacă o magnetizare parazită a purtătorului magnetic (care e sensibil la cele mai mici cîmpuri continue) și, în consecință, o creștere a zgomotului de fond.

Tensiunea culeasă la bornele capului de redare e funcție de dimensiunile întrefierului și de numărul de spire al bobinei.

După cum s-a arătat, la construcția capetelor, secțiunea miezului se micșorează în porțiunea întrefierului activ. În acest fel, secțiunea întrefierului scade, deci reluctanța lui crește. Liniile de forță care părăsesc banda în dreptul întrefierului vor prefera drumul de minimă reluctanță prin miezul magnetic al capului, și nu se vor închide înapoi în bandă prin întrefier. De aici rezultă că sensibilitatea capului crește în urma micșorării secțiunii în dreptul întrefierului. Deci prin uzura capului (șlefuirea întrefierului datorită frecării benzii), pe de o parte secțiunea miezului în dreptul întrefierului activ se micșorează, iar sensibilitatea capului deci și tensiunea culeasă la bornele capului, va crește în banda frecvențelor medii ; pe de altă parte, frecvențele înalte vor fi atenuate, deoarece, tot datorită uzurii capului, lățimea întrefierului activ a crescut.

Sensibilitatea capului la frecvențe înalte scade și datorită pierderilor prin histerezis și curenți turbionari care cresc mult cu frecvența. Creșterea curenților turbionari la frecvențe înalte duce la dispersia fluxului în dreptul întrefierului și la o micșorare a permeabilității aparente. Raportul dintre permeabilitatea capului și permeabilitatea benzii scade, ceea ce duce (după cum s-a arătat) la o atenuare a frecvențelor înalte. Pentru confecționarea miezului capului de redare trebuie alese materiale magnetice cu permeabilitate cît mai mare și trebuie să se urmărească reducerea pierderilor prin curenți turbionari în banda de audiofrecvență prin folosirea unor tole subțiri izolate între ele.

Numărul de spire al capului de redare este limitat de două condiții :

1. Frecvența proprie de rezonantă trebuie să fie mai mare decît cea mai mare frecvență redată. Capacitatea distribuită crește cu dimensiunile bobinei și poate provoca intrarea în rezonanță a capului în banda de audiofrecvențe folosite. Tensiunea de ieșire a capului va crește în regiunea de rezonanță. O astfel de alegere a impedanței capului este foarte rar utilizată pentru relevarea frecvențelor înalte.

2. Dimensiunile capului cresc, dacă numărul de spire al bobinei crește ; capul ocupă un spațiu mai mare în zona cîmpurilor perturbatoare. Cu cît dimensiunile capului vor fi mai mici, cu atît mai puține linii de forță ale cîmpurilor perturbatoare vor fi interceptate de cap.

De aceea, la magnetofoanele profesionale se folosesc capete cu impedanță mică (număr mic de spire). Inductanța capului este de cca 80 mH. Capul este conectat la primul tub amplificator prin intermediul unui transformator cu raport de transformare mare. Transformatorul, avînd un circuit magnetic închis, poate fi mai ușor ecranat. El poate fi amplasat departe de sursele cîmpurilor perturbatoare.

Tabela V-1

Datele electrice și de construcție a capetelor standardizate cu impedanța mică, pentru viteze de deplasare a benzii de 76,2 și 38,1 cm/s

Mărimea	Capete de ștergere	înregistr.	redare
Lățimea întrefierului conform standardelor vechi, în μ	500	40	20
Lățimea întrefierului conform standardelor noi, în μ	400	28	14
Lățimea întrefierului din spate, în μ	—	400	—
Numărul de spire	2×75	2×150	2×250
Diametrul sîrmei, în mm	0,4	0,3	0,2
Inductanța (mH la 800 Hz)	2	7	80
Curentul de înaltă frecvență, mA la 60 kHz	150	10	—
Curentul de audiofrecvență pentru nivel înregistrat maxim nedistorsionat, mA la 800 Hz.	—	5	—

Caracteristicile capetelor toroidale *Tabela V-2*

Tipul (destinația) capului	Lățimea întrefierului frontal (mm)	Lățimea întrefierului din spate (mm)	Inductanța la 1 000 Hz (mH)	Nr. de spire, tipul și diametrul conduct. (mm)	Curentul normal de ștergere (mA)	Curent nominal de AF (mA)	Curentul de polarizare în (mA)	Nivel nominal al tensiunii pe o sarcină de 1MΩ la 1 000 Hz (mV)
Capete de fabricație sovietică								
Cap de ștergere . .	0,3—0,5	0 (îmbinat)	2,25+0,25	2×75 0,4 - 0,2	—150	—	—	—
Cap de înregist. . .	0,02 - 0,04	0,3	7+1	2×150 0,27—0,3	—	3	8—10	—
Cap de redare . .	0,02	0,2	75+10	2×300 0,19—0,21	—	—	—	2,5
Cap combinat (de înregistrare și de redare)	0,02	0,2	120+12	2×500 0,14—0,16	-	0,6	1,5—2,5	3,5
Alte capete (după Krones)								
Capete de ștergere Telefunken (Viena) .	0,5	0	2	2×75	160	—	—	—
AEG (Standard) . .	0,2	0	1,4		140—180	—	—	—
OPTA			1,6		150	—	—	—
Capete de înreg. Telefunken (Viena) .	0,04	0,3	7	2×150	—	—	10—15	—
AEG (Standard) . .	0,028+0,002		7+0,5		—	—	12—15	—
OPTA	0,04		4		—	—		—
OPTA	0,04		100		—	—		—
Capete de redare Telefunken (Viena) .	0,02	—	70	2×320	—	—	—	—
AEG	0,014	—	70+5					
OPTA	0,02	—	80					
OPTA	0,02	—	3000					
Telefunken (Viena) .	0,02	—	8000	2×2800	—	—	—	—
Capete combinate (de înregistr. și de redare)								
AEG	0,012	0	70—75	—	—	—	3—6	—
Telefunken (Viena) .	0,020	0	1000	2×1000	-	—	1	—

Capetele toroidale cu două bobinaje simetrice sînt mai puțin sensibile față de cîmpurile perturbatoare decît alte tipuri de capete. În adevăr, fluxurile care apar în cele două jumătăți, în urma influenței unui cîmp perturbator paralel omogen, sînt de sens contrar și se scad, în timp ce fluxul util circulă astfel în miez, încît efectele din cele două jumătăți se adună.

Capetele de înregistrare (mai rar cele de redare și ștergere) au în afara întrefierului de lucru, un întrefier auxiliar așezat simetric cu primul (v. fig. V-1).

Întrefierul auxiliar evită saturarea sau magnetizarea accidentală a capului provocată de șocuri de curent. Întrefierul auxiliar provoacă aplecarea curbei de histerezis, deci și reducerea inducției remanente produse de un acelasi cîmp.

Un alt avantaj al întrefierului auxiliar este faptul că o aceeași variație a forței magnetomotoare produce o variație mai mică a permeabilității decît în cazul lipsei întrefierului și de aceea inductanța unei bobine care se găsește pe un astfel de cap va fi în mare măsură independentă de curentul care circulă prin bobină.

În tabelele V-1 și V-2 se prezintă datele standardizate ale capetelor magnetice toroidale folosite la magnetofoane profesionale cu viteza de antrenare a benzii de 76,2 cm/s și caracteristicile cîtorva capete industriale.

6. CITEVA TIPURI PARTICULARE DE CAPETE

În afară de capetele toroidale care sînt utilizate la majoritatea magnetofoanelor profesionale, în ultimul timp se mai

Fig. V-4. Cap triunghiular.

Fig. V-5. Tipuri de capete:
a — cap pentru înregistrări cu două trasee; *b* — cap stereofonic.

folosește un tip de capete derivate din capetele toroidale, numite capete triunghiulare (fig. V-4).

Capetele triunghiulare sînt formate din tole de secțiune dreptunghiulară așezate în triunghi, în pachete de cîte 4—5 tole. Bobina capului este așezată pe un pachet de tole formînd o latură a triunghiului care se distanțează de celelalte două laturi, în așa fel încît se obțin două întrefieruri suplimentare, întrefierul de lucru fiind cel opus laturii pe care se găsește bobina. Capul este teșit în dreptul întrefierului de lucru, care este încadrat de două bastonașe dintr-un material dur (din agat, de exemplu), care feresc capul de uzură.

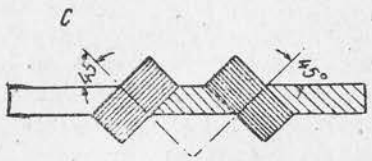


Fig. V-6. Inregistrarea pe două trasee pe întreaga lățime a benzii.

La magnetofoanele cu viteza de antrenare a benzii redusă, 19 și 9 cm/s, se folosește înregistrarea cu două trasee sonore, pentru a obține dublarea timpului de înregistrare și redare, cu aceeași cantitate de bandă. Banda poate fi înregistrată consecutiv, pe ambele jumătăți ale ei, folosindu-se capete la care înălțimea pachetului de tole, deci și a întrefierului activ, este de 3 mm ; peste acest pachet este suprapus un inel din material izolator, de cca 4 mm grosime. Rezultă un spațiu nemagnetizat de cca 1 mm între cele două trasee înregistrate, care separă o înregistrare de cealaltă (v. fig. V-5 a).

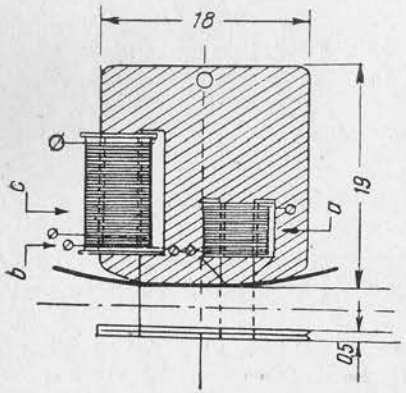


Fig. V-7. Cap combinat pentru sîrmă : *a* — bobina de ștergere ; *b* — bobina de polarizare ; *c* — bobina de înregistrare și redare.

Pentru înregistrarea simultană a două programe, sau pentru înregistrări stereofonice, se pot folosi capete cu două întrefieruri active suprapuse, fiecare cu o înălțime de 3 mm (v. fig. V-5 b).

Pentru a obține două înregistrări simultane utilizînd întreaga lățime a benzii pentru fiecare înregistrare se pot utiliza cîte două capete cu întrefierurile înclinate la 45° (v. fig. V-6).

Cu acest sistem, întrefierul capului de redare corespunzător unui traseu, este înclinat cu 90° față de direcția de înregistrare a celuilalt traseu, pe care, în consecință, nu îl redă.

Înălțimea întrefierului va trebui să fie $\sqrt{2b}$ — unde b este lățimea benzii.

Pentru magnetofoanele care utilizează sîrma ca purtător magnetic se construiesc capete adecvate acestui scop. Capetele magnetofoanelor cu sîrmă diferă de capetele magnetofoanelor cu bandă, prin dimensiuni și formă. Se folosesc deseori capete combinate cu două întrefieruri, din care unul servește pentru ștergere, iar celălalt pentru înregistrare și redare. Astfel de capete combinate, în care toate funcțiunile sînt îndeplinite de un singur cap pot fi utilizate și pentru magnetofoanele cu bandă. În general, la magnetofoanele cu bandă de tipuri semiprofesionale sau de amatori, se folosesc capete combinate pentru înregistrare și redare cu un singur întrefier și o singură bobină, sau cu un singur întrefier și două bobine : una pentru înregistrare și cealaltă pentru redare.

Capul combinat pentru magnetofoanele cu sîrmă, reprezentat în fig. V-7, are un miez format din tole de permalloy de 0,3 mm grosime. Bobina de ștergere *a* are 20 de spire de 0,3 mm diametru, bobina de polarizare *b* este înseriată cu bobina de înregistrare și are trei spire de 0,3 mm diametru. Pentru înregistrare și redare se folosește aceeași bobină *c* cu 3 000 de spire de 0,07 mm. Întrefierul de ștergere are 0,3 mm, iar cel de înregistrare și redare, 0,02 mm.

La unele magnetofoane de amatori se folosesc capete cu un miez dintr-o singură tolă care are avantajul unei construcții foarte simple. El este prezentat în fig. V- 8*a*. Ca suport pentru cap servește o tablă de alamă în formă de U, cu două tăieturi (fig. V-8 *b*). Din tablă de permalloy sau mumetal de 0,25—0,35 mm grosime se taie două bucăți, ale căror dimensiuni sînt arătate în fig. V-8 *c*. Acestea formează miezul. O mare atenție trebuie dată prelucrării exacte a muchiilor care formează întrefierul. Ele trebuie să fie perfect paralele. (Pentru obținerea paralelismului se poate practica o tăietură fină la mijlocul unei singure piese de tablă, de două ori mai mare decît aceea reprezentată în fig. V-8 *c*). Cele două tole se cositoresc la capete pe fața lor interioară pe o lungime de 6 mm și se lipesc cu cositor pe suport (fig. V-8, *d* și *e*) după ce în prealabil în tăietură s-a introdus o plăcuță de cupru de 15—20 μ. Apoi se îndoaie tabla, (fig. V-8 *f*) și se introduc bobinele, care au cîte 5 000 spire cu sîrmă de 0,05 mm și care, legate în paralel, dau o inductanță de 1 H (în acest caz, capul poate fi utilizat pentru înregistrare și redare), iar legate în serie dau 4 H (utilizat numai pentru redare). Pentru a obține o induc-

tanță de 100 mH — o valoare uzuală pentru capetele de înregistrare cu impedanță mare — sînt necesare bobine cu cîte 850 spire cu sîrmă de 0,1 mm. Pentru capul de ștergere este mai avantajos să folosim o tolă din tablă de siliciu cu pierderi mici ; întrefierul va fi de 0,2—0,3 mm. Bobinele vor avea 2×120 spire

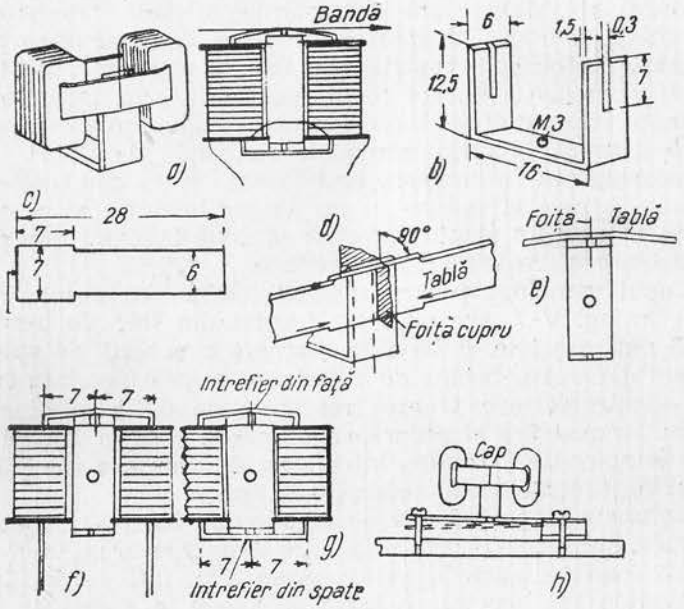


Fig. V-8. Cap dintr-o singură tolă.

cu sîrmă de 0,25 mm. După introducerea bobinelor , tolele se îndoaie la spate (fig. V-8 *g*) și formează întrefierul din spate. Aici se introduce o plăcuță de cupru de grosime dublă față de aceea folosită pentru întrefierul de lucru. Suportul de tablă de alamă se montează pe o tablă elastică (fig. V-8 *h*) care permite reglarea poziției întrefierului față de bandă.

CAPITOLUL VI

MECANISMELE MAGNETOFOANELOR

Sarcina de a deplasa purtătorul de sunet în fața capetelor revine mecanismelor magnetofonului. Condițiile pe care trebuie să le îndeplinească diferitele dispozitive mecanice și electromecanice ale magnetofonului se pot rezuma la următoarele :

— Banda magnetică trebuie să fie deplasată în fața capetelor cu viteză constantă. (În cazul magnetofoanelor care folosesc ca purtător de sunet sîrme magnetice, această condiție nu este respectată. Mecanismele acestor magnetofoane constituie un caz particular și vor fi descrise separat).

— La redarea unei benzi, viteza de antrenare trebuie să fie identică cu aceea folosită la înregistrarea ei. Vitezele de antrenare a benzii au fost normate la 76,2 ; 38,1 ; 19,05 și 9 cm/s pentru diferite tipuri de magnetofoane. Magnetofoanele profesionale sînt în general construite pentru viteze de 76,2 și 38,1 cm/s, iar cele de amatori pentru viteze de 19,05 și 9 cm/s. La construcția mecanismelor, vitezele de antrenare normate vor trebui riguros respectate pentru a permite înregistrarea și redarea benzilor pe diferite magnetofoane cu aceeași viteză normată.

— La redare și înregistrare mecanismele trebuie să asigure o întindere constantă și suficientă a benzii, astfel încît aceasta să adere strîns la capete.

— În afară de antrenarea benzii cu viteza normală, magnetofonul trebuie să permită înfășurarea benzii în ambele direcții cu viteză mărită.

— Pentru a opri banda din mers, magnetofoanele trebuie prevăzute cu frîne care să permită oprirea benzii în timp scurt, fără a o supune la eforturi mecanice.

În ceea ce privește construcția părții mecanice a magne-

tofoanelor, aceasta diferă prin diferitele soluții folosite la sistemele de antrenare și de frînare a benzii. Dispozitivele de antrenare a benzii la un magnetofon de tip profesional sînt arătate schematic în fig. VI-1. Pentru antrenarea benzii se folosesc trei motoare. Motorul care antrenează suportul ruloului

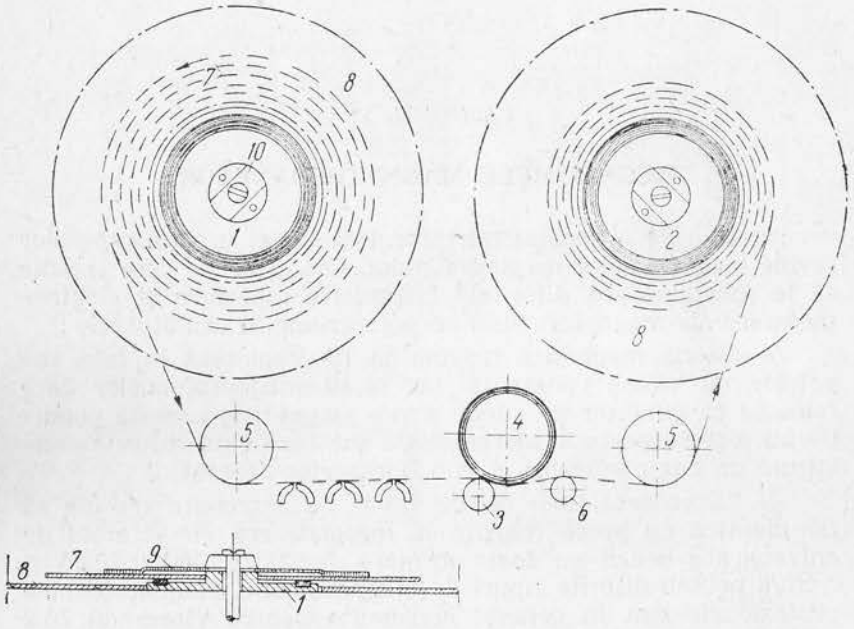


Fig VI-1. Mecanismele unui magnetofon profesional :
1 — suportul ruloului de bandă debitor ; *2* — suportul ruloului de bandă colector ; *3* — bucșa de antrenare ; *4* — presor de cauciuc ; *5* — role cu volant ; *6* — role de ghidare ; *7* — banda ; *8* — platan ; *9* — miez ; *10* — sistem de fixare a miezului.

de bandă „debitor" din stînga (*1*), motorul care antrenează suportul ruloului de bandă „colector" din dreapta (*2*) și motorul cuplat cu bucșa de antrenare (*3*).

În timpul înregistrării sau redării banda se desfășoară de pe miezul ei, care este fixat pe suportul ruloului de bandă debitor, este antrenată de bucșa de antrenare prin fricțiune, fiind presată pe aceasta de un presor de cauciuc (*4*) și înfășurată pe miezul fixat pe suportul ruloului de bandă colector.

Benzile destinate a fi folosite la magnetofoane cu viteză mare de antrenare (76,2 și 38,1 cm/s) sînt bobinate strîns pe

un miez din metal sau material plastic. Pentru a evita o eventuală cădere a spirelor de bandă, pe suportul ruloului de bandă se pune un platan, cu un diametru ceva mai mare decît diametrul maxim al ruloului de bandă, al cărui miez se fixează cu o ghiară pe suportul ruloului de bandă. La magnetofoane cu viteză de antrenare mică (19,05 și 9 cm/s) se folosesc benzi înfășurate pe role din metal sau material plastic care se fixează pe suportul ruloului de bandă. La aceste magnetofoane nu se folosesc platane, deoarece pereții rolei pe care este înfășurată banda evită o eventuală cădere a spirelor.

La majoritatea magnetofoanelor, sensul de deplasare a benzii este de la stînga la dreapta. La începutul procesului de deplasare a benzii, miezul (sau rola) pe care este înfășurată banda se fixează pe suportul ruloului de bandă din stînga (debitor) ; banda se înfășoară pe miezul fixat pe suportul ruloului de bandă din dreapta (colector). Datorită acestui sens obișnuit de deplasare a benzii se folosesc denumirile de suport, miez și motor din stînga și suport, miez și motor din dreapta.

Dimensiunile miezului sînt standardizate și sînt redate în fig. VI-2.

Sistemul de fixare a miezului este arătat în fig. VI-3

Pe traseul benzii sînt prevăzute role cu volant care contribuie la frînarea constantă a benzii și role de ghidare pentru ghidarea corectă a benzii în fața capetelor. Bucșa de antrenare fiind cuplată cu un motor cu turație constantă, antrenează banda cu viteză constantă.

Realizarea unei viteze uniforme de deplasare a benzii prezintă numeroase probleme care nu au putut fi încă soluționate ; variațiile de scurtă durată a vitezei de deplasare a benzii au ca urmare o variație neplăcută a tonalității sunetului redat.

Urechea este foarte sensibilă la aceste variații ale tonalității mai ales la redarea unor sunete prelungite.

Cu toate precauțiile luate la construcția sistemului mecanic, un sunet de 1 000 Hz înregistrat și redat pe un magnetofon cu cea mai mare precizie de execuție posibilă a sistemului mecanic, diferă totuși sensibil de redarea directă a aceluiași sunet. Aceasta se datorește faptului că precizia de execuție a sistemului mecanic este limitată de toleranțele de execuție care trebuie admise pentru diferitele piese rotitoare. Reducerea variațiilor de scurtă durată a vitezei de deplasare (a „pendulării" vitezei de deplasare a purtătorului de sunet) este problema cea mai dificilă care se pune la construcția sistemului

mecanic al magnetofonului. La sfîrşitul acestui capitol vor fi discutate cauzele care provoacă pendularea vitezei de de-

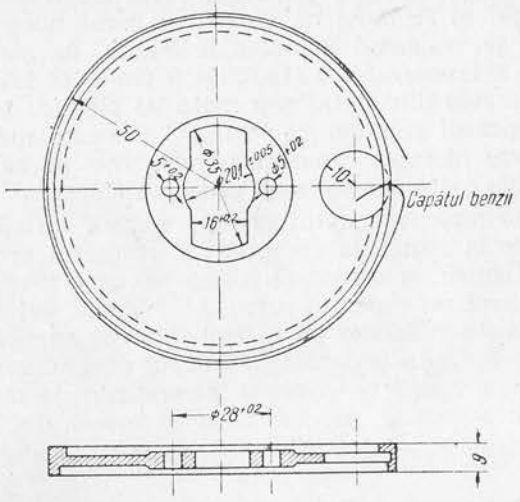


Fig. VI-2. Dimensiunile unui miez standardizat.

plasare a benzii şi fenomenele care apar ca urmare a acestei pendulări.

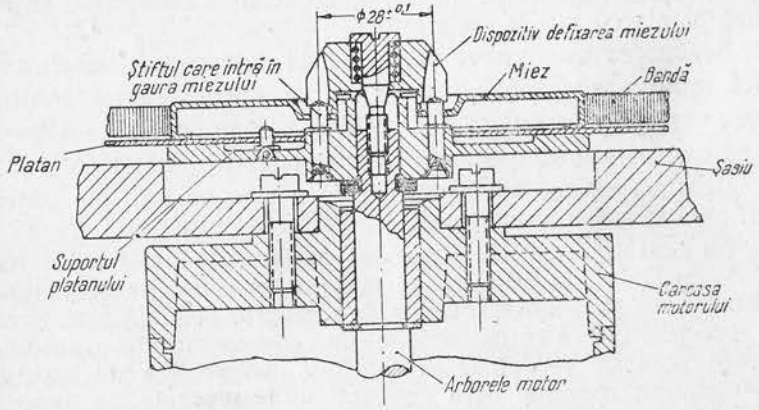


Fig. VI-3. Sistemul de fixare a miezului.

În cele ce urmează vor fi descrise diferitele dispozitive mecanice ale magnetofonului şi funcţiunile lor.

a) Motoarele de magnetofon

Motoarele folosite în agregatele de antrenare a benzii se împart după funcţiunile pe care le îndeplinesc, în două tipuri : motoare de antrenare şi motoare de înfăşurare. Ambele tipuri de motoare se folosesc la magnetofoanele profesionale care au în general trei motoare, din care unul de antrenare a benzii cu viteza constantă şi două pentru înfăşurarea benzii în ambele direcţii — denumite motor stînga şi motor dreapta. Motoarele din stînga şi din dreapta, sînt cuplate direct cu discurile metalice care servesc ca suport pentru platanul ruloului cu bandă şi asigură atît înfăşurarea benzii cu viteza nominala de lucru cît şi înfăşurarea benzii cu viteza mărită, care, la magnetofoanele cu viteza de antrenare a benzii de 77 cm/s, este de circa 10 ori mai mare decît viteza nominală. La majoritatea tipurilor de magnetofoane cu trei motoare, motorul din stînga are şi rolul de frînă în timpul funcţionării magnetofonului cu viteza nominală de lucru (la înregistrare şi redare), realizîndu-se astfel întinderea necesară a benzii în faţa capetelor.

Magnetofoanele portabile şi de amatori sînt în general echipate cu un singur motor, care serveşte atît la antrenarea benzii cu viteza constantă cît şi la bobinarea ei. Motorul de antrenare este, în acest caz, cuplat cu suportul din stînga şi cu cel din dreapta prin transmisii cu curele sau cu role de fricţiune.

Ca motoare de antrenare se folosesc motoare cu turaţie constantă. Turaţia la aceste motoare trebuie să fie cît mai independentă de sarcină. Astfel de caracteristici au motoarele sincrone, care însă nu sînt folosite la magnetofoane, deoarece pentru pornirea lor sînt necesare dispozitive auxiliare. La magnetofoane se folosesc pentru antrenarea benzii în general, motoare asincrone şi motoare de reluctanţă.

Motoarele de reluctanţă se deosebesc constructiv de motoarele asincrone prin folosirea rotorului cu poli aparenţi, care se obţin prin practicarea unor crestături în rotor. Randamentul lor este mai mic decît cel al motoarelor asincrone.

Motoarele asincrone au o alunecare de circa 2%. Această valoare rămîne constantă. Alunecarea poate să crească pînă la 5% dacă sarcina motorului creşte peste limita admisă. Motorul poate fi pornit în ambele sensuri. Motoarele de reluctanţă pornesc ca motoare asincrone şi capătă apoi o viteză de rotaţie sincronă pe care şi-o păstrează în anumite limite ale sarcinii.

Turația sincronă depinde de frecvența rețelei si de numărul de perechi de poli :

$$n = \frac{60 \cdot f}{p},$$

în care : n este turația în rot/min ;

f — frecvența rețelei în Hz ;
p — numărul de perechi de poli.

Pentru pornirea motoarelor asincrone și de reluctanță alimentate la rețele monofazate, se prevede o înfășurare auxiliară, care, conectată în serie cu un condensator de 0,5—4 μF produce un flux defazat cu 90° față de fluxul înfășurării principale. Această înfășurare auxiliară nu se deconectează după pornire.

În afară de aceste tipuri de motoare se folosesc la unele magnetofoane motoare de histerezis cu funcționare sincronă. Ele se folosesc la magnetofoanele cu mai multe viteze, deoarece turația lor poate fi ușor schimbată prin schimbarea numărului de poli ai statorului, utilizînd diferite înfășurări.

La instalațiile mai simple — magnetofoane portabile și de amatori — se folosesc motoare cu rotorul în scurtcircuit și motoare cu poli din magneți permanenți, („roată fonică").

Pentru înfășurarea benzii (la agregate cu trei motoare) — mai ales acolo unde cuplul motorului de înfășurare (stînga) este folosit pentru întinderea benzii (sensul lui de rotație fiind opus sensului de deplasare a benzii), se folosesc motoare serie cu colector sau motoare cu o caracteristică asemănătoare motoarelor serie.

Cuplul motorului din stînga în acest caz trebuie să scadă cu micșorarea diametrului ruloului de bandă (care se desfășoară continuu). Diametrul unui rulou cu 1 000 m de bandă este de 280 mm și scade la 70 mm (diametrul butucului pe care este înfășurată banda). La redarea unui rulou de 1 000 m de bandă, cu o viteză de 76 cm/s, turația motorului variază între 50 și 206 rot/min ; cuplul lui va trebui să varieze liniar, în raportul de 1 : 4,13 pentru ca întinderea benzii să rămînă constantă. Motoarele serie de curent alternativ au o caracteristică care corespunde aproximativ condițiilor puse mai sus, însă au dezavantajul de a produce cîmpuri parazite datorită scînteilor de la colector. La magnetofoanele moderne se folosesc pentru înfășurarea benzilor motoare asincrone, cu o caracteristică asemănătoare motoarelor serie, care se obține folosind un rotor cu rezistență mărită (rotor cu bare de plumb).

Pentru a evita formarea buclelor de bandă la pornire, motorul de înfășurare (din dreapta) trebuie să aibă un cuplu mare de pornire, iar motorul de antrenare să ajungă la turația normală cu o oarecare întîrziere. Această întîrziere nu trebuie să fie mai mare de 1 secundă. Cuplul motoarelor de înfășurare se poate varia, prin reglarea tensiunii cu care se alimentează.

La magnetofoanele cu viteza de 76 cm/s, la care se folosesc rulouri de benzi de 1 000 m, înfășurate liber pe un miez, motoarele de înfășurare trebuie să aibă o putere suficientă pentru a bobina un astfel de rulou într-un timp scurt, asigurînd totodată o înfășurare strînsă a benzii.

În ultimul timp, pentru înfășurarea benzii se folosesc motoare cu curenți turbionari. La acestea, rotorul este format dintr-un cilindru de oțel închis la cele două capete cu niște discuri de cupru sau aluminiu. La aceste motoare curba cuplu — viteza de rotație descreste liniar.

Pentru asigurarea unui mers lin și fără zgomot se utilizează lagăre cu rulmenți sau lagăre de fricțiune. Lagărele cu rulmenți au avantajul că nu necesită o ungere decît după cîteva mii de ore de funcționare. În cazul utilizării lor, la motoarele de antrenare trebuie folosite și filtre mecanice, (cuplaje elastice între bucșa de antrenare și arborele motorului), pentru ca rezistența variabilă datorită rotirii bilelor să nu fie transmisă bucșei de antrenare. Lagărele cu fricțiune au nevoie de o ungere frecventă și trebuie înlocuite din cauza uzurii, după un timp de funcționare relativ scurt.

În ultimul timp se folosesc lagăre confecționate dintr-un material poros care suge uleiul (sinterizat) — care asigură o ungere mai bună și o uzură mai mică.

Motoarele serie sînt de obicei prevăzute cu sisteme centrifugale de frînare pentru a evita ambalarea lor la funcționarea lor în gol (fără sarcină).

b) Mecanismele de antrenare a benzii cu viteza constantă

La cele mai multe tipuri de magnetofoane deplasarea benzii se realizează prin presarea ei pe bucșa de antrenare cu ajutorul unui presor de cauciuc.

La unele magnetofoane, pe bucșa de antrenare este montat un inel de cauciuc sau alt material cu aderență mare ; deplasarea benzii se realizează în acest caz prin aderența benzii la acest inel.

Bucșa de antrenare este așezată în lagăre cu frictiune (mai rar cu rulmenți) și trebuie să se rotească cu o excentricitate cît mai mică. Axul ei trebuie să fie perfect paralel cu axul rolei presoare. Rola presoare trebuie să aibă o precizie de execuție

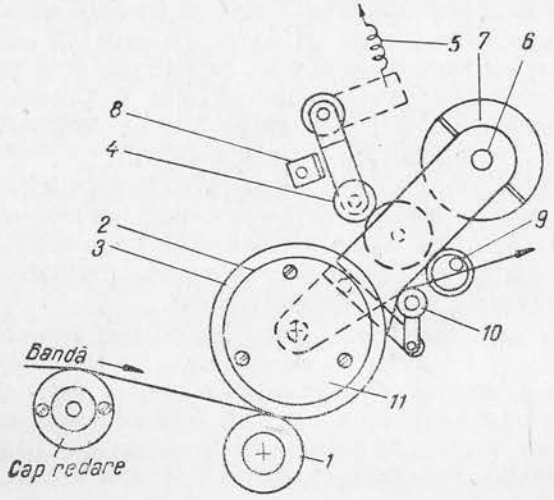


Fig. VI-4. Bucșa de antrenare și presor:
1 — bucșa de antrenare ; *2* — rola presoare ; *3* — inel de cauciuc ; *4* — rola de presiune ; *5* — resort ; *6* — brațul rolei : *7* — bucșă cu rotație excentrică ; *8* și *9* — plăcuță și șaibă pentru limitarea cursei brațului rolei presoare ; *10* — rolă de ghidare a benzii ; *11* — capacul rolei presoare.

suficientă ; o excentricitate mai mare de 0,2% poate provoca variația vitezei de deplasare a benzii.

Rola presoare se rotește pe rulmenți. Diametrul ei poate varia între 20—50 mm. Corpul de aluminiu al rolei este îmbrăcat cu cauciuc, care, după o anumită uzură, poate fi înlocuit.

Presiunea rolei presoare asupra bucșei de antrenare poate fi reglată prin diferite sisteme (arcuri reglabile, șaibe, limitoare), care diferă de la un tip de magnetofon la altul. Poziția convenabilă a rolei presoare — față de bucșa de antrenare — se obține prin montarea ei pe un braț cu ax excentric (la magnetofoanele RMS-16), sau prin montarea ei pe un ax cardanic (la magnetofoanele Iansen și Philips).

Bucșa de antrenare, cu o suprafață întărită prin călire, cimentare sau cromare poate fi montată direct pe arborele motorului de antrenare, sau poate fi antrenată prin intermediul unor filtre mecanice sau cu ajutorul unor transmisii suplimentare.

2—41—52

La magnetofoanele la care bucșa de antrenare este cuplată direct cu arborele motorului de antrenare, viteza de deplasare a benzii este :

$$V = \frac{\pi D n}{600},$$

în care V este viteza de deplasare în cm/s :

D — diametrul bucșei de antrenare în mm ;
n — numărul de rotații pe minut al motorului.

În timpul antrenării unui rulou de bandă la 1 000 m, viteza benzii variază în anumite limite datorită variației repartizării sarcinilor pe cele trei motoare. Viteza nominală de antrenare a benzii (de exemplu 76,2 cm/s) se consideră ca viteza medie de deplasare ; de la începutul la sfîrșitul deplasării unei benzi de 1 000 m se admite o variație de viteză de 0,2%. Urechea este puțin sensibilă la o asemenea variație continuă a vitezei de deplasare a benzii și limita de 0,2% poate fi mult depășită dacă se evită îmbinări de fragmente înregistrate la începutul și sfîrșitul unui rulou de bandă. În cazul magnetofoanelor folosite în studiouri de radiodifuziune, unde îmbinarea diferitelor fragmente înregistrate pe porțiuni diferite a benzii este frecventă, depășirea limitei de 0.2% a variației vitezei nu este admisă.

c) Comutarea vitezei de antrenare a benzii

În afară de magnetofoanele cu o singură viteză, se construiesc magnetofoane cu una, două sau trei viteze de antrenare, comutabile. Comutarea vitezei se poate obține :

— prin schimbarea vitezei de rotație a motorului de antrenare, modificînd numărul de perechi de poli ai statorului ;

— prin înlocuirea bucșei de antrenare, folosind bucse de antrenare de diferite diametre ;

— prin schimbarea diametrului roților de transmisie la magnetofoanele la care bucșa de antrenare nu este cuplată direct cu axul rotorului motorului de antrenare ci prin transmisii cu șaibe de frictiune sau transmisii cu curea.

d) Mecanisme folosite pentru desfășurarea, înfășurarea și rebobinarea benzii

Mecanismele magnetofonului trebuie să permită :

— desfășurarea benzii de pe miezul debitor și înfășurarea ei pe miezul colector, cu viteza de lucru necesară operațiilor de înregistrare sau redare ;

— înfășurarea benzii cu viteza mărită („repede înainte"), necesară la diferitele operații de montaj sonor ;

— rebobinarea benzii de pe miezul colector pe miezul debitor cu viteza mărită („repede înapoi") după terminarea operațiilor de montaj sau de redare a benzii.

În timpul procesului de înregistrare sau de redare, mecanismele trebuie să asigure o întindere uniformă a benzii cu o forță de 60—100 g, în orice punct de-a lungul traseului acesteia, să evite oscilații sau vibrații ale benzii și să asigure o aderență bună a benzii de capete.

O întindere prea mare a benzii poate provoca deformări elastice și alunecarea ei între bucșa de antrenare și rola presoare. O întindere prea mică, provoacă formarea de bucle, încîlcirea și ruperea benzii.

Pentru a obține în timpul înregistrării sau redării întinderea necesară a benzii, suportul din stînga pe care este așezat ruloul debitor va trebui frînat *). Frînarea este necesară pentru asigurarea unei aderențe bune a benzii la cap. Pentru ca întinderea benzii să rămînă constantă, cu toate că diametrul ruloului cu bandă se reduce incontinuu, momentul de frînare a motorului care este cuplat cu suportul din stînga va trebui să crească o dată cu scăderea ruloului de bandă.

Frînarea suportului poate fi obținută pe cale electrică sau mecanică. Frînarea electrică se realizează prin aplicarea unei tensiuni de valoare redusă, motorului cuplat cu suportul din stînga. Tendința de rotație a motorului fiind opusă sensului de desfășurare a benzii, aceasta va suferi o întindere. După cum s-a mai arătat, cuplul de rotație al motorului deci și cuplul de frînare, va trebui să scadă pe măsură ce crește numărul de rotații, adică pe măsură ce se micșorează diametrul ruloului cu bandă.

La frînarea electrică întinderea benzii depinde de tensiu-

*) De fapt frînele acționează direct asupra suportului numai la unele construcții ; la altele se frînează anumite dispozitive cuplate direct sau indirect cu suportul : rotorul, masele de echilibrare a rotorului etc.

nea aplicată motorului. Tensiunea motorului este astfel aleasă încît banda să capete întinderea dorită. Frînarea mecanică a suportului se obține prin frîne cu fricțiune (fig. VI-5).

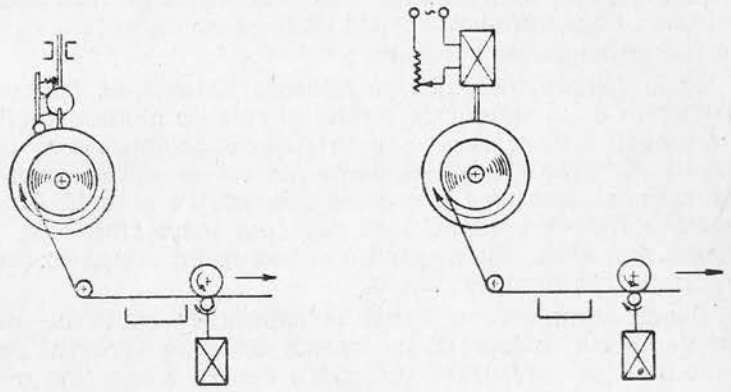


Fig. VI-5 Frînarea mecanică (*a*) și electrică (*b*) a suportului.

La frînele mecanice momentul de frînare este constant. De aceea, frînarea mecanică poate fi utilizată numai atunci

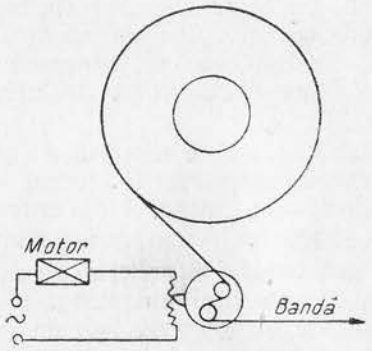


Fig. VI-6, Sistem diferențial de frînare electrică.

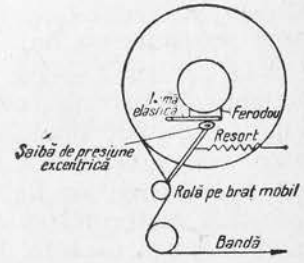


Fig. VI-7. Sistem diferențial de frînare mecanică.

cînd se folosesc rulouri de diametru mic, sau la magnetofoane la care banda are viteză de deplasare redusă.

La unele magnetofoane cu frînare electrică se folosește un sistem de frînare diferențial. Tensiunea aplicată motorului variază în funcție de întinderea benzii. O rolă de ghidare cu arc (fig. VI-6) care urmărește variația tensiunii benzii, acționează asupra unui reostat care variază tensiunea aplicată motorului. Dacă întinderea benzii tinde să scadă, tensiunea aplicată motorului crește și invers.

Și la frînare mecanică se folosesc sisteme de frînare diferențială. Cu un sistem de pîrghii și role de ghidare oscilante se obține o frînare care este în funcție de întinderea benzii (fig. VI-7). Brațul rolei oscilante poartă o șaibă excentrică, care acționează asupra unei lame elastice. Pe această lamă se găsește o fîșie din material cu aderență mare (ferodou), care frînează mai mult sau mai puțin suportul din stînga în funcție de variația tensiunii din bandă.

Banda antrenată cu viteză constantă de bucșa de antrenare va trebui înfășurată pe miezul fixat pe suportul cuplat cu motorul de înfășurare (dreapta). Pentru a menține o tensiune constantă în bandă cuplul motorului de înfășurare trebuie să crească pe măsură ce crește diametrul ruloului de bandă.

După cum s-a arătat, în afară de funcțiunea de desfășurare și înfășurare a benzii cu viteză normală, sistemul de tracțiune a benzii trebuie să îndeplinească atît funcțiunea de rebobinare cît și cea de înfășurare a benzii, cu o viteză de cîteva ori mai mare decît viteza de lucru. La comenzile „repede înainte" sau „repede înapoi", se cere ca un rulou de bandă de 1 000 m, să fie bobinat în două minute, ceea ce înseamnă o viteză aproximativ de 10 ori mai mare decît viteza de lucru, dacă aceasta este de 76,2 cm/s.

La înfășurarea cu viteză mărită se aplică motorului care acționează suportul colector, tensiunea maximă de lucru, — suportul debitor fiind liber. În acest timp, motorul de antrenare, rola presoare și frînele de fricțiune rămîn neacționate.

În schema din fig. VI-8 se pot urmări circuitele de comandă a motorului de antrenare, a motorului din stînga și a motorului din dreapta. La comanda de înregistrare sau de redare, motorul de antrenare este alimentat cu tensiunea totală, iar motoarele din dreapta și stînga sînt alimentate prin rezistențele reglabile R_1 și R_2, care reduc tensiunea la valoarea dorită. La comanda „repede înainte" motorul din dreapta este alimentat cu tensiunea totală, pe cînd motorul de antrenare și motorul din stînga rămîn nealimentate. La comanda „repede înapoi" este alimentat numai motorul din stînga.

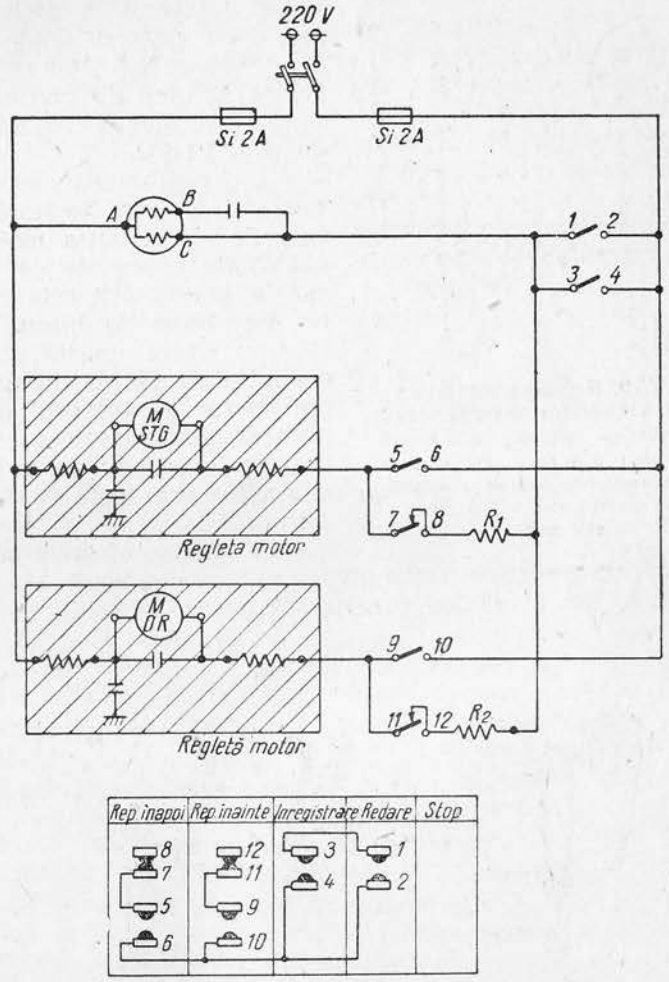


Fig. VI-8. Schema de acționare a motoarelor la diferite comenzi.

Pentru ușurarea operațiilor de montaj sonor, unele magnetofoane sînt prevăzute cu dispozitive pentru reglarea continuă a vitezei în ambele direcții, cu ajutorul unui divizor de tensiune care mărește tensiunea la unul din motoare, în timp ce tensiunea celuilalt scade (fig. VI-9).

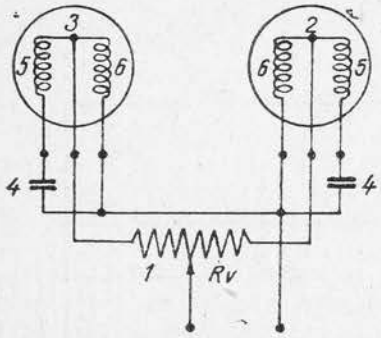


Fig. VI-9. Reglarea continuă a vitezei motoarelor de înfășurare:
1 — rezistența variabilă; *2* — motor din dreapta; *3* — motor din stînga; *4* — condensator de defazare; *5* — înfășurarea auxiliară; *6* — înfășurarea principală.

La magnetofoanele portabile, la cele de amatori și la cele de construcție mai simplă, toate operațiile de deplasare a benzii, atît cele care se fac cu viteza de lucru, cît și cele cu viteza mărită sînt îndeplinite de obicei de un singur motor — motorul de antrenare. Acționarea suporților se face fie prin curele de transmisie, fie prin role de fricțiune (fig. VI-10).

La magnetofoanele cu două motoare, un motor servește pentru antrenarea benzii cu viteză constantă, iar al doilea pentru antrenarea suporților. Acest motor poate fi utilizat pentru acționarea ambelor suporturi sau numai pentru acționarea suportului debitor (repede înapoi). În acest ultim caz, motorul de antrenare antrenează și suportul colector.

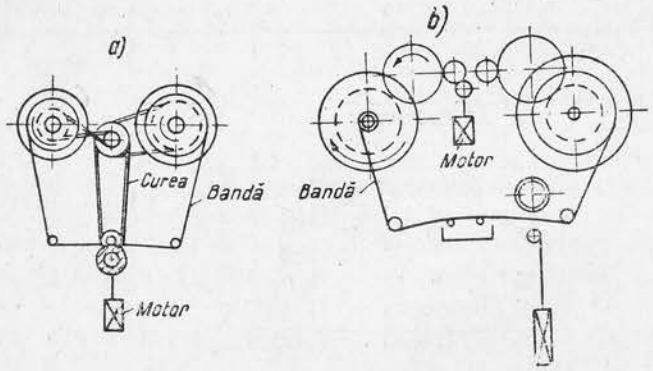


Fig. VI-10. Acționarea suporților:
a — acționarea suporților prin curele de transmisie; *b* — acționarea suporților prin role de fricțiune.

e) Mecanisme de oprire a sistemului de tracțiune a benzii

Sistemul mecanic al magnetofonului trebuie să asigure oprirea instantanee a mecanismelor de tracțiune a benzii, la comanda „oprire". Mecanismele de tracțiune pot fi oprite prin frîne mecanice, comandate cu cabluri sau pîrghii (fig. VI-11), prin frîne mecanice comandate electric (acționate de relee), sau pe cale electrică, prin trecerea unui curent continuu de sens convenabil prin înfășurările motorului.

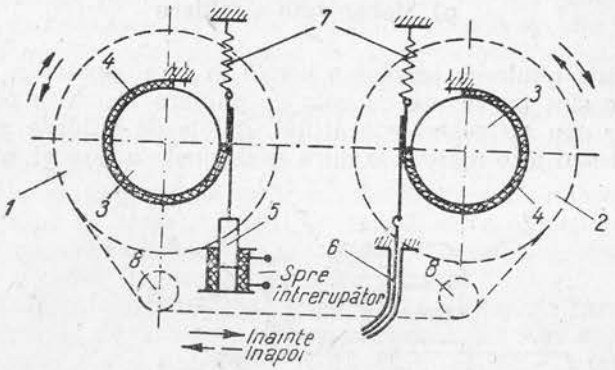


Fig. VI-11 Frînarea mecanică și electrică a suportului:
1 — platan debitor; *2* — platan colector; *3* — suport; *4* — frînă cu bandă; *5* — acționare electromagnetică; *6* — sistem de tracțiune cu cablu Bowden; *7* — arcuri reglabile; *8* — role volante.

Mecanismele de oprire trebuie să asigure o frînare precisă fără a provoca întinderea benzii și fără a forma bucle. În acest scop mecanismele de oprire au frîne reglabile, permițînd reglarea lor pentru fiecare motor sau suport în parte. Frînele confecționate din benzi de ferodou sînt prevăzute pentru reglarea momentului de frînare cu resorturi reglabile. La frînele electrice, reglarea momentelor de frînare se obține prin reglarea tensiunilor de frînare. Momentul de frînare trebuie să fie cu atît mai precis reglat cu cît viteza de deplasare a benzii este mai mare.

f) Mecanisme de comandă

Comenzile pentru diferitele operații ale magnetofonului, ca înregistrarea, redarea, deplasarea benzii repede înainte, sau

repede înapoi, oprire, se fac prin dispozitive de manipulare corespunzătoare, în formă de butoane comutatoare sau pîrghii. Dispozitivele de manipulare pot acționa fie mecanic — deplasînd dispozitive cu pîrghii sau cabluri de tracțiune, fie electric, fiind prevăzute cu contacte care închid diferite circuite de alimentare a motoarelor, a unor relee de acționare a frînelor sau a unor relee de comandă intermediare.

Dispozitivele de manipulare sînt amplasate pe șasiul magnetofonului pe un loc ușor accesibil.

g) Mecanisme auxiliare

Pentru ghidarea precisă a benzii în fața capetelor, magnetofoanele sînt prevăzute cu role de ghidare montate pe blocul capetelor sau pe șasiul aparatului. Rolele de ghidare sînt role de sticlă sau alte materiale dure nemagnetice fixe și mici.

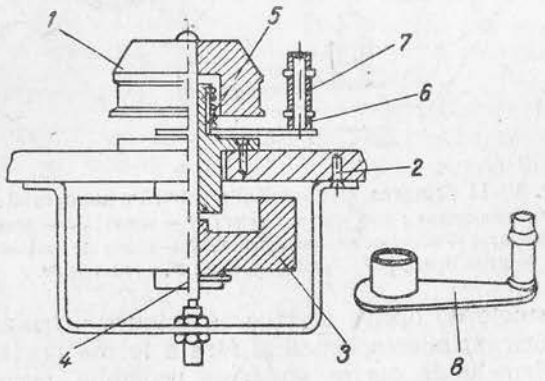


Fig. VI-12. Rolă de amortizare cu volant
1 — rolă învîrtitoare; *2* — placa șasiului; *3* — volant; *4* — pivot; *5* — arc; *6,7,8* — rola de ghidare cu braț mobil.

La ghidarea benzii mai iau parte și role libere, de amortizare prevăzute cu volante. Rolele de amortizare, amortizează oscilațiile benzii cauzate de excentricitatea suporților, a miezului, sau însuși a ruloului cu bandă. Energia cinetică înmagazinată în volant tinde să mențină constantă viteza lui de rotație. Oscilațiile mici cauzate de excentricitatea sistemului debitor (butuci, suport motoare) sînt amortizate de volant. Rolele de amortizare sînt prevăzute cu role suplimentare montate pe

brațe mobile, cu resorturi, care urmăresc variațiile de lungime ale benzii.

Pentru cruțarea capetelor se folosesc pîrghii cu care se poate îndepărta banda din fața capetelor. Aceste dispozitive permit îndepărtarea benzii din fața capului de înregistrare și ștergere, dacă magnetofonul este folosit numai pentru redare, sau îndepărtarea din fața tuturor capetelor, în cazul cînd se înfășoară banda cu viteza mărită.

Pentru o comoditate mai mare în exploatare, la unele construcții se folosesc mecanisme speciale cum sînt de exemplu : contoare pentru marcarea timpului de înregistrare sau de redare. Contoarele sînt fie mecanice și în acest caz sînt cuplate cu motorul de antrenare, fie electrice și în acest caz sînt declanșate o dată cu pornirea magnetofonului. Mecanismele de pornire automată a magnetofonului sau mecanismele de comandă la distanță, fac parte de asemenea din grupul mecanismelor speciale.

Unele magnetofoane sînt prevăzute cu un microîntrerupător așezat pe traseul benzii, în scopul de a opri alimentarea tuturor motoarelor în cazul ruperii accidentale a benzii sau dacă se termină programul difuzat.

Microîntrerupătorul este înseriat în circuitul întrerupătorului principal de alimentare cu curent de la rețea și este acționat mecanic tot timpul cît banda este întinsă în fața capetelor iar cînd banda s-a rupt sau s-a desfășurat complet, deconectează alimentarea de la rețea și motoarele se opresc.

Pentru a asigura continuitatea unui program muzical înregistrat pe mai multe benzi (de exemplu, o piesă simfonică), unele aparate sînt prevăzute cu mecanisme de sincronizare, care permit încetinirea vitezei de deplasare a benzii pe un aparat, pînă cînd se obține o sincronizare perfectă a ambelor redări. Cu ajutorul unui buton de sincronizare se întrerupe circuitul de alimentare a motorului de antrenare sau se înseriază o rezistență care micșorează tensiunea aplicată motorului (v. cap. X).

h) Mecanismele magnetofonului cu sîrmă

La magnetofoanele cu sîrmă, sistemul de deplasare a sîrmei este diferit de cel descris la magnetofoanele cu bandă.

Fabricile producătoare de sîrme de magnetofon, le livrează înfășurate pe mosoare cu dimensiuni standardizate. Mosorul se rotește pe o bucșă cu lagăr și sîrma se desfășoară și se înfășoară pe un tambur cu diametrul mare cuplat cu motorul de antrenare (fig. VI-13).

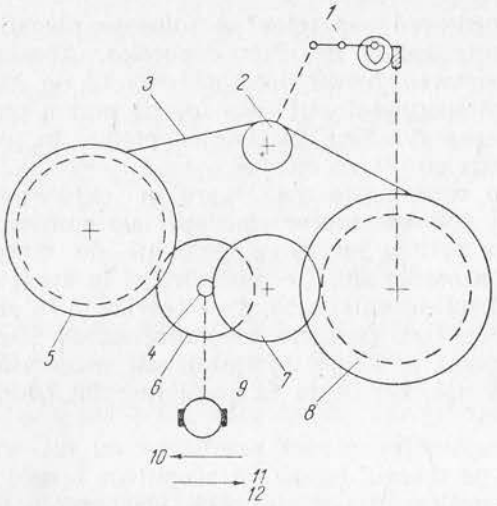


Fig. VI-13. Mecanismele unui magnetofon cu sîrmă.

1 — mecanismul cu excentric de aşezare a spirelor; *2* — bloc de capete; *3* — sîrmă; *4* — arborele motorului; *5* — mosor de desfăşurare a sîrmei; *6* — şaibă intermediară cu inel de cauciuc; *7* — şaibă intermediară cu inel de cauciuc; *8* — mosor de înfăşurare; *9* — motor; *10* — rebobinare; *11* — înregistrare; *12* — redare.

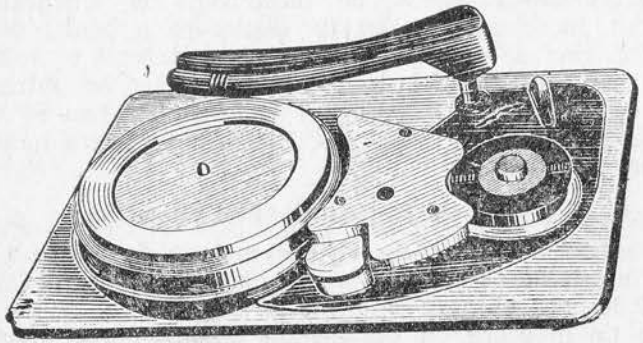


Fig. VI-14. Magnetofon cu sîrmă, combinat cu doză de redat discuri.

Sistemul de tracţiune are viteza constantă. Deoarece la magnetofoanele cu sîrmă nu se pot aplica dispozitive cu bucşe de antrenare, viteza sîrmei variază de la începutul pînă la sfîrşitul desfăşurării mosorului pe măsură ce se înfăşoară mai multă sîrmă pe tambur. Viteza creşte pe măsură ce se înfăşoară mai multă sîrmă pe tambur, adică pe măsură ce creşte diametrul spirelor de sîrmă. Deoarece diametrul tamburului este de cîteva ori mai mare decît diametrul mosorului, iar diametrul sîrmei este numai de 0,1 mm, cantitatea sîrmei înfăşurate pe mosor nu modifică mult diametrul tamburului şi variaţia medie de viteză a sîrmei poate fi tolerată.

Pentru a asigura o înfăşurare regulată pe tambur şi pe mosor, magnetofonul cu sîrmă este prevăzut cu mecanisme care imprimă capului o mişcare rectilinie alternativă. Capul se mişcă paralel cu axul tamburului şi perpendicular pe direcţia de deplasare a sîrmei pe care o ghidează astfel, încît tamburul sau mosorul să fie umplut uniform.

i) Variaţiile vitezei de deplasare a benzii

Variaţiile vitezei de deplasare a benzii au ca urmare variaţii ale înălţimii sunetului redat, care sînt percepute de ureche. Ele se manifestă ca o vobulare a frecvenţei şi pot provoca apariţia unor sunete combinate, care sînt cauza unor distorsiuni de neliniaritate.

Viteza benzii care trece prin faţa capetelor poate suferi variaţii :

— în planul benzii, în direcţia deplasării (variaţii longitudinale) ;

— în planul benzii, perpendicular pe direcţia deplasării (pendulare) ;

— perpendicular pe planul benzii şi pe direcţia deplasării (fluturare) ;

Variaţiile longitudinale pot fi provocate de excentricitatea („bătaia") părţilor în rotaţie, de variaţiile vitezei unghiulare a motorului de antrenare şi de deformaţiile elastice ale benzii.

Pendularea este cauzată de ghidarea defectuoasă a benzii şi provoacă variaţia unghiului dintre direcţia semnalului înregistrat pe bandă şi axul întrefierului capului de redare. Fenomenul se manifestă printr-o variaţie periodică a amplitudinii sunetului redat.

Fluturarea este cauzată de uzura unor părți în rotație, combinată cu ghidarea defectuoasă a benzii.

Variațiile longitudinale sînt cele mai frecvente și se datoresc centrării imperfecte a unor elemente rotitoare din sistemul de antrenare a benzii. În afară de lipsa de precizie (toleranța inevitabilă) a execuției pieselor, axele acestora trebuie să prezinte un anumit joc, pentru a se putea roti ușor în lagăre. Toleranțele de excentricitate sînt foarte severe, mai ales pentru bucșa de antrenare, de care depinde în primul rînd uniformitatea vitezei de deplasare a benzii.

Notînd cu v, viteza de deplasare a benzii, cu r — raza bucșei de antrenare și cu Ω viteza unghiulară a bucșei, rezultă relația :

$$v = r\,\Omega_0,$$

în care :

$$\Omega_0 = 2\pi n,$$

n fiind numărul de rotații pe secundă a bucșei

$$n = \frac{\Omega_0}{2\pi}.$$

La o excentricitate ε a bucșei, raza ei va varia periodic în ritmul turației n. Valoarea instantanee a razei efective R, va fi aproximativ :

$$R = r + \varepsilon \cos \Omega_0 t.$$

Viteza benzii va fi :

$$v = R\,\Omega_0 = (r + \varepsilon \cos \Omega_0 t)\,\Omega_0$$
$$v = r\,\Omega_0 + \varepsilon\,\Omega_0 \cos \Omega_0 t$$
$$v = v_0 + \Delta v \cos \Omega_0 t.$$

Din această expresie se vede că viteza benzii va varia periodic cu amplitudinea Δv, care este funcție de excentricitate ε și de viteza unghiulară a bucșei Ω_0.

Putem deduce care va fi variația relativă a vitezei :

$$\frac{\Delta v}{v_0} = \frac{\varepsilon \Omega_0}{v_0} = \frac{\varepsilon \Omega_0}{r \Omega_0} = \frac{\varepsilon}{r}.$$

Deci variația periodică relativă a vitezei este în funcție de raportul ε/r, care trebuie să fie cît mai mic. De aici se vede că precizia de centrare trebuie să fie cu atît mai mare, cu cît diametrul bucșei este mai mic.

2—41—52

Ca urmare a variației periodice de viteză, un semnal cu frecvența f_0, pe care îl presupunem înregistrat cu viteză constantă v_0, apare modulat în frecvență.

Valoarea instantanee a frecvenței și deci, a înălțimii sunetului variază în ritmul turației n a bucșei de antrenare, $n = \frac{\Omega_0}{2\pi}$.

Această expresie ne dă frecvența de vobulare.

Frecvența f_0 va varia în limitele $f_0 \pm \Delta f$.

Deoarece frecvența variază proporțional cu viteza de deplasare a benzii, avem :

$$\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{\Delta v}{v_0} = \frac{\varepsilon}{r}.$$

Deci, deviația maximă a frecvenței :

$$\Delta f = \frac{\varepsilon}{r} f_0,$$

depinde de raportul ε/r, crește cu frecvența, dar este independentă de frecvența de vobulare n.

Frecvența f_0 a semnalului va varia de n ori pe secundă în limitele $\pm \Delta f$, amplitudinea sa rămînînd constantă.

Se poate demonstra că sunetul vobulat. care apare din cauza pendulării frecvenței ($f_0 \pm \Delta f$) este echivalent cu un sunet nevobulat cu frecvența centrală inițială (f_0), însoțit de alte sunete — sunete de combinație — cu frecvența $f_0 \pm kn$ (în care k este un număr întreg 1, 2, 3,...). Frecvența acestor sunete de combinație depinde de frecvența de vobulare n

Amplitudinea acestor sunete depinde de indicele de modulație η care este dat de raportul :

$$\eta = \frac{\Delta f}{n}.$$

Numărul acestor frecvențe laterale depinde de asemenea de indicele de modulație, și în general crește cu cît acest raport este mai mare.

Deoarece :

$$\Delta f = \frac{\varepsilon}{r} f_0,$$

avem :

$$\eta = \frac{\varepsilon}{r}\frac{f_0}{n} = \frac{\varepsilon}{r}\frac{2\pi f_0}{\Omega_0} = \frac{\varepsilon 2\pi f_0}{v_0},$$

valoarea indicelui de modulație η va crește cu raportul $\frac{\varepsilon}{r}$ la aceeași frecvență f_0 a semnalului înregistrat pe bandă și la aceeași turație a bucșei. De asemenea se vede că indicele de modulație, pentru aceeași frecvență și excentricitate, este invers proporțional cu viteza de deplasare a benzii.

Senzația pe care o produc asupra urechii aceste sunete de combinație — care apar în urma variației vitezei de deplasare a benzii — depinde în primul rînd de frecvența de vobulare n.

După cum am văzut o variație foarte lentă a înălțimii sunetului, datorită, de exemplu variației vitezei de la începutul la sfîrșitul unui rulou de bandă, nu poate fi percepută de ureche.

La variații mai repezi ale înălțimii sunetului — la frecvențele de vobulare 0,1—12 Hz sunetul apare legănat, „miorlăit". La frecvențe de vobulare cuprinse între 12 și 20 Hz, deci cînd înălțimea sunetului variază între 12 și 20 de ori pe secundă, urechea încă mai poate percepe aceste variații repezi ale înălțimii sunetului, care apar ca un sunet trilat sau tremurat.

Experimentările făcute în prezența unui grup de persoane cu ureche muzicală formată au arătat că sensibilitatea urechii pentru variațiile periodice ale înălțimii sunetului este maximă la o frecvență de vobulare $n = 4$ Hz, dar depinde și de frecvența și amplitudinea semnalului înregistrat pe bandă. Foarte supărător este simțită vobularea sunetului la o frecvență de 7 000 Hz, cînd urechea percepe variații de 0,04% a înălțimii sunetului. La o frecvență de $f_0 = 1\,000$ Hz se mai simte o pendulare a vitezei de 0,2% și la $f_0 = 500$ Hz circa 0,7%.

Dacă frecvența de vobulare crește peste 20 Hz, urechea nu mai poate urmări variațiile de tonalitate ale sunetului. Însă datorită sunetelor de combinație, sunetul apare distorsionat.

La frecvențe de vobulare mai mici de 20 Hz, cînd urechea este capabilă să urmărească variațiile înălțimii sunetului, criteriul de apreciere a perturbației produse de variația de viteză este dat de raportul $\frac{\Delta f}{f_0} = \frac{\Delta v}{v_0}$. *La frecvențe de vobulare peste* 20 Hz, *cînd urechea nu mai este în stare să urmărească aceste variații, criteriul de apreciere este factorul de distor-*

siuni de neliniaritate care crește cu indicele de modulație, deci cu raportul $\frac{\Delta f}{n}$.

Calculele amănunțite au arătat că, în general, urechea fiind foarte sensibilă la distorsiunile de neliniaritate, toleranțele admisibile în cazul unor frecvențe de vobulare care depășesc 20 Hz sînt foarte mici. Toleranțele cerute pentru a reduce factorul de distorsiuni sub valoarea de 7%, sînt aproape irealizabile, mai ales la frecvențe înalte. Se poate demonstra matematic că pentru a reda pe un magnetofon cu viteza de antrenare de 76,2 cm/s un semnal cu frecvența de 1 000 Hz cu distorsiuni imperceptibile, excentricitatea bucșei trebuie să fie mai mică de 12 μ. Pentru a reda frecvența de 10 000 Hz în aceleași condiții, excentricitatea bucșei nu trebuie să depășească 1,25 μ.

La magnetofoanele cu viteza de antrenare a benzii de 38,1 cm/s valorile respective ar trebui să fie 6 μ și 0,65 μ. O astfel de precizie de execuție nu poate fi realizată. De aceea, se caută eliminarea componentelor de vobulare cu frecvențe care depășesc 20 Hz. Condiția reducerii raportului $\frac{\Delta f}{f_0}$, deci a raportului dintre excentricitate și rază, $\frac{\varepsilon}{r}$, valabilă pentru frecvențe de vobulare sub 20 Hz, este mult mai ușor de îndeplinit.

S-ar părea deci că este avantajos să se reducă turația bucșei de antrenare, mărindu-i diametrul pentru a obține viteza periferică dorită ; această concluzie este valabilă, pînă la un punct : dacă viteza motorului scade prea mult, momentul de inerție al maselor în mișcare scade foarte mult (proporțional cu pătratul vitezei). Volantul nu-și îndeplinește misiunea, iar neregularitatea mișcării apare acum din pricina insuficienței momentului de inerție. Trebuie deci să se mărească masa volantului, ceea ce duce însă la creșterea puterii motorului, care trebuie să accelereze aceste mase. Se vede deci că problema, în general, nu este simplă și cere examinarea mai multor factori pentru găsirea soluției optime.

Să luăm cazul unui magnetofon cu un motor de antrenare cu patru poli — 1 500 rot/min — Bucșa de antrenare, care este cuplată direct cu rotorul motorului, va trebui să aibă un diametru de circa 10 mm pentru a deplasa banda cu viteza de 76,2 cm/s. Numărul de rotații pe secundă a bucșei va fi 1 500 : 60 = 25. La o excentricitate de rotire a bucșei, care trebuie admisă, viteza benzii va pendula de 25 ori pe secundă. Există însă și variații ale vitezei unghiulare a motorului, datorite disimetriei rotorului. Frecvența acestor variații, care sînt trans-

mise bucșei de antrenare, este dată de produsul dintre numărul de poli și numărul de rotații pe secundă ale motorului. La un motor cu 4 poli această frecvență va fi de $4 \times 25 = 100$ Hz. Un semnal înregistrat pe bandă va fi vobulat datorită variației vitezei periferice a bucșei de antrenare și a vitezei unghiulare a motorului de antrenare cu frecvența $n_1 = 25$ Hz și cu o altă frecvență $n_2 = 100$ Hz. Ambele frecvențe se suprapun. Deoarece frecvența de vobulare $n > 20$, sunetul va apărea distorsionat, factorul de distorsiuni, depinzînd de indicele de modulație, adică de raportul $\frac{\Delta f}{n}$.

După cum am văzut mai sus, la aceeași excentricitate și viteză periferică a bucșei de antrenare, acest raport crește cu frecvența semnalului. Impresia dezagreabilă, datorită frecvențelor laterale, crește însă mai mult decît indică formula.

În adevăr, la frecvența de vobulare $n = 100$ — frecvențele laterale vor apărea față de o frecvență centrală $f_0 = 1\,000$ Hz, frecvențele 1 100, 1 200, 1 3000,... Hz și vor fi mai ușor distinse de ureche decît frecvențele de 1 025, 1 050, 1 075,.., Hz, care apar la o frecvență de vobulare de $n = 25$.

Factorul de distorsiuni crește și cu creșterea raportului $\frac{\varepsilon}{r}$.

Ar părea avantajos — să se folosească bucșe de antrenare cu diametrul mare. Mărind diametrul bucșei de două ori, pentru cazul dat mai sus, de la 10 la 20 mm, frecvența de vobulare datorită excentricității bucșei va scădea la 12,5 Hz iar frecvența de variație a vitezei unghiulare a motorului — în cazul acesta va trebui folosit un motor cu 8 poli (750 rot/min) — va fi $8 \times 12{,}5 = 100$ Hz deci va rămîne aceeași. Sunetul înregistrat pe bandă va fi vobulat atît cu o frecvență de 12,5 Hz — ne apropiem de cazul în care urechea este sensibilă la variațiile de tonalitate ale sunetului — cît și cu o frecvență de 100 Hz, care va provoca distorsionarea sunetului redat. Folosind un motor cu viteză redusă, egalizarea variațiilor de viteză ale motorului necesită volante cu masă mare a căror echilibrare devine dificilă. De asemenea, folosind volante cu masă mare, va trebui mărită și puterea motorului — deci și dimensiunile lui — pentru a îndeplini condiția atingerii turației constante în mai puțin de o secundă.

La magnetofoanele de calitate, excentricitatea bucșei de antrenare este sub valoarea de 10 μ. Pentru celelalte părți în rotație ale sistemului mecanic cum sînt : rola presoare, rolele

cu volant, suporturile ruloului de bandă se admit toleranțe de excentricitate de 100—200 μ.

Valorile date referitoare la sensibilitatea urechii față de sunetele vobulate cît și toleranțele admise în execuția sistemului de antrenare a benzii se referă la redarea sunetelor prelungite, provenind de la instrumente cum sînt : pianul, vioara, flautul. La redarea muzicii ritmice și a vorbei, sensibilitatea urechii la variații de tonalitate ale sunetului scade mult și pot fi admise variații de scurtă durată a vitezei cu mult mai mari, fără a fi supărătoare.

Variația de viteză poate fi apreciată în procente. Fiind vorba de un fenomen periodic se pot da valori de vîrf sau valori eficace. La variații sinusoidale, valoarea de vîrf este egală cu valoarea eficace înmulțită cu $\sqrt{2}$. La variațiile nesinusoidale, valoarea de vîrf poate fi mult mai mare față de valoarea eficace. Urechea percepe în general valorile eficace. Dacă viteza de antrenare a benzii este, de exemplu, 100 cm/s și ea variază între 95 și 105 cm/s de 10 ori într-o secundă (deci cu frecvența de vobulare de 10 Hz) rezultă pentru gradul de variație de viteză o valoare de 10% de la vîrf la vîrf, o valoare de vîrf de 5% și o valoare eficace de 3,5%.

La magnetofoanele profesionale, se admite o valoare eficace de 0,1—0,2%.

La magnetofoanele care servesc la înregistrarea și redarea vorbei și a muzicii ritmice și la magnetofoanele neprofesionale se admit valori pînă la 1%.

Pentru a aprecia în procente variația de viteză datorită bătăii bucșei de antrenare, notînd cu r raza bucșei și cu ε excentricitatea ei, calculăm viteza maximă și minimă datorită excentricității acesteia cu ajutorul relațiilor :

$$v_{max} = (r + \varepsilon\,\Omega_0)$$

$$v_{min} = (r - \varepsilon)\,\Omega_0$$

$$\frac{v_{max} - v_{min}}{v} = \frac{\varepsilon \Delta v}{v} = \frac{2\varepsilon}{r},$$

diametrul bucșei $D = 2r$, deci gradul de variație de viteză

$$m = \frac{\Delta v}{v} = \frac{2\varepsilon}{D}.$$

Dacă în locul excentricității ε punem bătaia bucșei b, care se poate măsura ca comparatorul, obținem :

$$m = \frac{\Delta v}{v} = \frac{b}{D} \times 100\ (\%)\ \text{(valoare de vîrf)}.$$

Dacă considerăm o bucșă cu diametrul de 10 mm și dacă admitem o variație de viteză de 0,1% — deci o valoare de vîrf de ± 0,14%, bătaia admisibilă a bucșei rezultă din relația :

$$b = \frac{mD}{100} = \frac{10 \cdot 0{,}14}{100} = 0{,}014 \text{ mm} = 14\mu.$$

O variație periodică a înălțimii sunetului poate să apară și din cauza întinderii neuniforme, periodice a benzii, datorită elasticității ei ; ea este provocată de excentricitatea unor părți rotative (presor, bucșă de antrenare, suportul ruloului de bandă, miez) sau de tracțiunea neuniformă a motoarelor de înfășurare. Lungimea benzii variind periodic, semnalul înregistrat sau redat va suferi aceeași variație ca cea provocată de oscilațiile vitezei de deplasare a benzii. Variațiile periodice de întindere a benzii pot fi reduse folosind benzi cu un modul de elasticitate mare, reducînd lungimea traseului benzii și mărind viteza de deplasare a acesteia.

Cunoașterea fenomenelor care apar în urma variațiilor vitezei de deplasare a benzii permite identificarea elementelor mecanismelor care provoacă aceste variații și remedierea defecțiunilor.

CAPITOLUL VII

ECHIPAMENTUL ELECTRONIC AL MAGNETOFOANELOR

Echipamentul electronic al unui magnetofon este format, în general, din : amplificatorul de înregistrare, amplificatorul de redare, generatorul de curent de înaltă frecvență și indicatorul de modulație.

La unele aparate mai simple, amplificatorul de înregistrare poate fi comun cu cel de redare, sau poate lipsi complet, fiind înlocuit de alt amplificator de joasă frecvență (al unui receptor de radio, de exemplu).

Generatorul de curent de înaltă frecvență necesar pentru ștergere și polarizare se găsește, aproape fără excepție, în toate sistemele de înregistrare magnetică, întrucît polarizarea cu curent continuu este azi foarte rar utilizată.

Indicatorul de modulație, necesar controlului procesului de înregistrare, este de asemenea un element util oricărui magnetofon, chiar și aparatelor de amatori.

1. AMPLIFICATORUL DE INREGISTRARE

Amplificatorul de înregistrare trebuie să amplifice semnalele care provin de la microfon sau de la altă sursă electroacustică și să furnizeze capului de înregistrare curenți a căror amplitudine să depindă de frecvență conform unei anumite curbe de corecție (v. cap. III, fig. 33).

În general corecția la înregistrare se face pentru frecvențe mai mari decît 1 000 Hz, astfel încît, presupunînd tensiunea constantă și independentă de frecvență la intrare, curentul din cap să fie constant de la frecvența cea mai joasă pînă la 1 000 Hz și să crească spre frecvențele înalte.

Condiția de mai sus impusă amplificatorului de înregistrare provine din următoarele considerente. Așa cum s-a mai arătat, la înregistrare apar pierderi datorite curenților turbionari din miezul capului, pierderi prin histerezis, pierderi datorită întinderii cîmpului capului de înregistrare, etc. care sînt toate mai pronunțate în regiunea frecvențelor dintre 1 000 și 10 000 Hz. Amplificatorul de înregistrare se dimensionează astfel încît la frecvența de 1 000 Hz, la curentul nominal, distorsiunile de neliniaritate să nu depășească valoarea admisibilă.

Prin curent nominal se înțelege curentul necesar obținerii nivelului maxim nedistorsionat pe bandă (v. cap. IV); pentru banda Agfa C, cu un cap standard, curentul nominal are valoarea de circa 5 mA.

Dacă limita de distorsiuni este atinsă la 1 000 Hz, la prima vedere s-ar părea că semnalele de frecvență mai înaltă, care sînt amplificate mai puternic în amplificatorul de înregistrare, ar putea fi distorsionate. Totuși, ținînd seama de faptul că semnalele de frecvență înaltă, conținute în sunetele naturale (vorbă, muzică) au un nivel relativ slab față de cele de frecvență medie sau joasă, pericolul de distorsiune nu există.

Ridicarea semnalelor de frecvență înaltă în amplificatorul de înregistrare se stabilește astfel, încît în toată banda de frecvențe transmise să nu se depășească nivelul maxim admisibil pentru un anumit tip de purtător magnetic. Totuși această corecție nu este suficientă pentru a compensa toate pierderile care intervin la frecvențe înalte, cu atît mai mult cu cît apar pierderi și în procesul de redare ; de aceea mai este necesară o ridicare suplimentară a semnalelor de frecvență înaltă în amplificatorul de redare. O ridicare mai accentuată a semnalelor de frecvență înaltă la înregistrare ar duce la depășirea nivelului maxim admisibil și deci la apariția unor distorsiuni de neliniaritate datorite curburii caracteristicii de transfer.

În mod obișnuit, ridicarea semnalelor de frecvență înaltă în amplificatorul de înregistrare nu trebuie să depășească valoarea de 14 db, la 10 000 Hz în raport cu nivelul de la 1 000 Hz.

Ridicarea semnalelor de frecvență înaltă în amplificatorul de înregistrare este avantajoasă din punct de vedere a obținerii unui raport maxim între semnal și zgomot. În adevăr, o ridicare relativ mare la redare a semnalelor de frecvență înaltă ar duce la mărirea zgomotului de fond care se datorește mai ales neomogenității benzii și suflului lămpilor (efectului de alice) și care este mai pronunțat la frecvențe înalte. O ridicare excesivă în amplificatorul de redare a semnalelor de frecvență

înaltă, ar avea ca rezultat scoaterea în evidență a acestor zgomote și în consecință o îngustare a dinamicii.

Am văzut că la capetele de înregistrare se manifestă după un timp de utilizare o uzură în locul de contact cu banda. Aceasta are drept consecință o mărire a întrefierului și deci o scădere a semnalelor de frecvență înaltă. De aceea este necesar ca amplificatoarele de înregistrare să fie prevăzute cu posibilitatea de reglaj a corecției la frecvențe înalte, pentru compensarea acestor pierderi, care cresc o dată cu uzura capului.

Amplificatoarele de înregistrare se construiesc cu 1,2 sau 3 etaje, în funcție de valoarea semnalului de intrare. Dacă tensiunea de intrare este suficient de mare, se poate utiliza numai un circuit pasiv de corecție în circuitul capului (v. fig. VII-7).

În ceea ce privește conectarea capului de înregistrare la amplificator, aceasta depinde de tipul capului. După cum s-a mai arătat, capetele de înregistrare se împart în două grupe : capete de impedanță mică și capete de impedanță mare.

Capetele de impedanță mică, se utilizează la magnetofoanele profesionale, la care există un amplificator de înregistrare separat de cel de redare. În acest caz, capul se conectează la amplificatorul de înregistrare prin intermediul unui transformator de ieșire.

Capetele de impedanță mare se utilizează de obicei atît la înregistrare cît și la redare, la magnetofoanele de amatori sau de reportaj. Capetele de impedanță mare se conectează la etajul final al amplificatorului de înregistrare direct, fără intermediul unui transformator de ieșire.

Condiția expusă la începutul capitolului, adică obținerea la bornele de ieșire ale amplificatorului de înregistrare a unui curent de amplitudine independentă de frecvență în intervalul dintre 30 și 1 000 Hz, poate fi realizată practic prin două metode diferite :

1. Utilizarea unui amplificator cu rezistența internă mai mică decît impedența capului de înregistrare ($R_i \ll \omega L$ cap) dar care produce o tensiune liniar crescătoare cu frecventa. În acest caz, deoarece și impedanța capului crește continuu cu frecvența, curentul care va circula în cap va fi constant (fig. VII-1).

Vom avea relațiile :

$$V = E - R_i I_{cap}$$

în care E este f.e.m a sursei.

V — tensiunea pe cap ;
R_i — rezistența internă a sursei.

Deoarece R_i este foarte mic, avem :

$$V \simeq E = k\omega,$$

unde k este constantă ;

ω — pulsația curentului $= 2\,\pi\,f$.

Notînd cu Z impedanța capului, obținem :

$$Z_{cap} = (R_{cap} + \omega L_{cap}),$$

$$I_{cap} = \frac{V}{Z_{cap}} = \frac{k\omega}{(R_{cap} + \omega\, L_{cap})}$$

dar $R_{cap} \ll \omega L_{cap}$, deci $I_{cap} = \frac{k\omega}{\omega L_{cap}} = \frac{k}{L_{cap}} =$ constant.

Această metodă de alimentare a capului de înregistrare s-a generalizat mai puțin din cauza posibilității de apariție a unor distorsiuni de neliniaritate destul de mari, datorită ten-

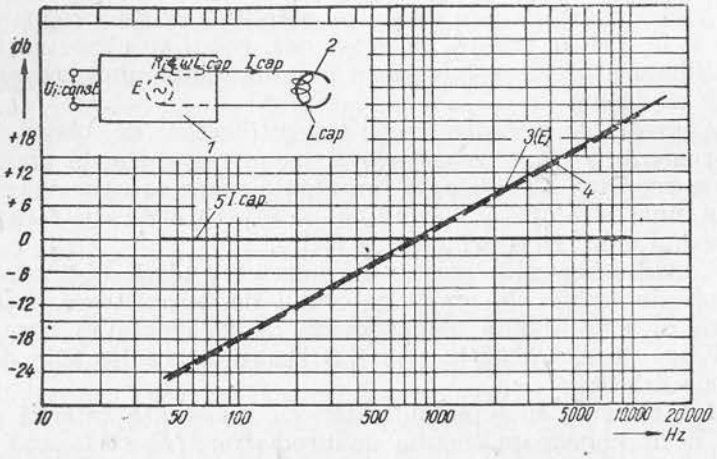


Fig. VII-1 Alimentarea capului de înregistrare cu curent constant, în ipoteza $R_i \ll Z_{cap}$:

1 — amplificator de înregistrare ; *2* — cap de înregistrare; *3* — FEM a sursei de alimentare ; *4* — tensiunea pe cap ; *5* — curentul în capul de înregistrare.

siunilor ridicate la frecvențe mai înalte. Deși nu discutăm încă forma caracteristicii de frecvență la frecvențe care depășesc 1 000 Hz, trebuie să amintim că același amplificator trebuie utilizat și la frecvențele înalte, unde corecția necesară discutată mai sus ar duce la tensiuni necesare de valoare foarte ridicată și,

în consecință, fie la distorsiuni de neliniaritate accentuate, fie la realizarea unui amplificator costisitor, neeconomic.

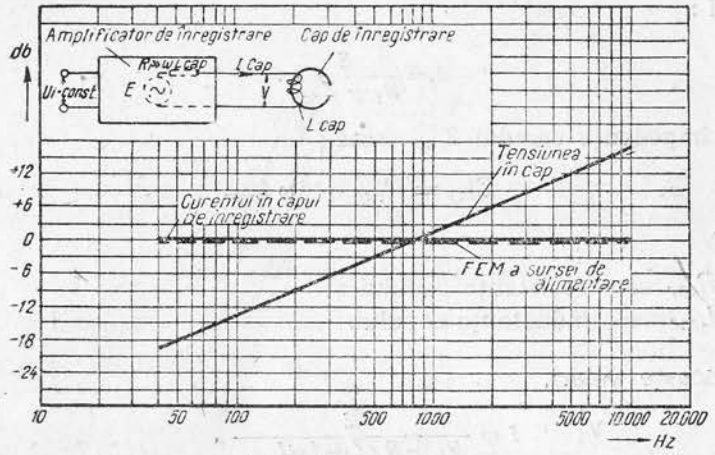


Fig. VII-2. Alimentarea capului de înregistrare cu curent constant, în ipoteza $R_i \gg Z_{cap}$.

2. Utilizarea unui amplificator cu rezistență internă mult mai mare decît impedanța capului de înregistrare, în întreaga bandă de frecvențe înregistrate (fig. VII-2) dar care transmite capului o tensiune constantă, independentă de frecvență.*).

În fig. VII-3 este reprezentată schema echivalentă a unui amplificator cu rezistență internă mare în comparație cu impedanța capului.

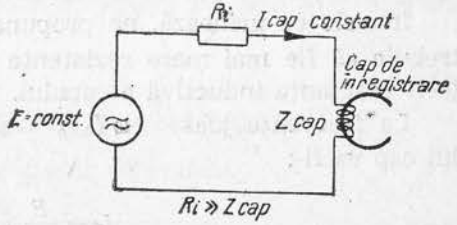


Fig. VII-3. Schema echivalentă a unui amplificator cu rezistență internă mare ($R_i \gg Z_{cap}$).

Ne propunem să calculăm mai jos curentul din capul de înregistrare.

*) Aici ca și la prima metodă, se consideră tensiunea de intrare constantă.

Să notăm cu E f.e.m. dată de generator, cu R_i rezistența internă a generatorului și cu Z_{cap} impedanța capului de înregistrare. Curentul de audiofrecvență care va circula prin cap va fi :

$$I = \frac{E}{R_i + Z_{cap}} .$$

Impedanța capului Z_{cap} este :

$$Z_{cap} = R_{cap} + j\omega L_{cap}$$

unde

R_{cap} este rezistența capului și
L_{cap} — inductanța capului.

Cu aceste valori,

$$I = \frac{E}{R_i + R_{cap} + j\omega L_{cap}} .$$

Dacă $R_i \gg Z_{cap}$:

$$I \cong \frac{E}{R_i}$$

adică se obține un curent independent de frecvență.

În cele ce urmează, ne propunem să calculăm de cîte ori trebuie să fie mai mare rezistența internă a generatorului R_i decît reactanța inductivă a capului.

La frecvențe joase ωL_{cap} se poate neglija și curentul din cap va fi :

$$I_1 = \frac{E}{R_i} ,$$

considerînd $R_{cap} \ll R_i$.

La frecvențe înalte, valoarea absolută a curentului din cap va fi :

$$I_2 = \frac{E}{\sqrt{R_i^2 + \omega^2 L_{cap}^2}};$$

Variația relativă a curentului se calculează din relația :

$$\frac{I_1 - I_2}{I_1} = 1 - \frac{I_2}{I_1} = 1 - \frac{R_i}{\sqrt{R_i^2 + \omega^2 L_{cap}^2}} =$$

$$= 1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\omega^2 L_{cap}^2}{R_i^2}}}$$

Dacă admitem o variație de 10% pentru curentul din cap expresia de mai sus are valoarea 0,1 ; rezultă valoarea lui R_i:

$$R_i \geqslant 2{,}07\ \omega L_{cap} \simeq 2{,}07\ Z_{cap}$$

unde ω corespunde celei mai înalte frecvențe transmise.

Dacă $f = 10\,000$ Hz, $\omega = 2.\pi.10^4$

$$R_i \geqslant 13 \cdot 10^4 \quad L_{cap}.$$

În fig. VII-4 este reprezentată schema ultimului etaj al unui amplificator cu pentodă, conectat la capul de înregistrare prin intermediul unui transformator de ieșire. Dacă pentoda din figură este de exemplu un tub EBL-21 atunci $R_i = 50\,000\ \Omega$

Reactanța inductivă a capului la 10 000 Hz este 440 Ω.

Presupunînd că raportul de transformare n_1 al transformatorului este 4 : 1 — impedanța capului reflectată în primar la 10 000 Hz va fi :

$$X = n^2 X_{cap}$$

$$X = 4^2 \cdot X_{cap} = 16 \times 440 = 7\,040\ \Omega.$$

Modulul impedanței circuitului echivalent :

$$Z = \sqrt{R_i^2 + X^2} = \sqrt{2{,}5 \quad 10^9 + 4{,}96 \cdot 10^7} = 5{,}04 \quad 10^4\ \Omega.$$

Variația relativă a curentului :

$$\frac{I_1 - I_2}{I_2} = 1 - \frac{I_2}{I_1} = 1 - \frac{R_i}{\sqrt{R_i^2 + X^2}} =$$

$$= 1 - \frac{5 \quad 10^4}{5{,}04 \cdot 10^4} = 0{,}008.$$

Deci curentul din cap variază în toată banda de frecvențe cu 0,8%, sau în db :

$$P = 20 \log \frac{1}{1{,}008} = -0{,}07 \text{ db},$$

ceea ce reprezintă o variație neglijabilă.

În aceste condiții, curentul din capul de înregistrare poate fi considerat constant.

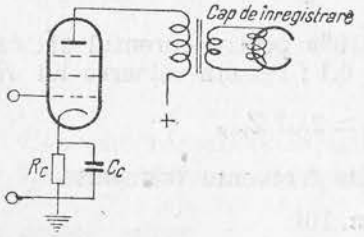


Fig. VII-4. Alimentarea unui cap de înregistrare printr-un montaj cu pentodă și transformator de ieșire.

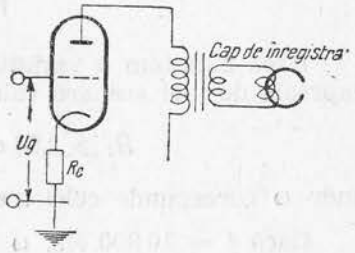


Fig. VII-5. Montaj având etajul final o triodă cu reacție negativă de curent.

Se mai obișnuiește ca în circuitul secundarului transformatorului de ieșire să se monteze în serie cu capul de impedanță mică, o rezistență de circa 200 Ω ; astfel impedanța circuitului secundar nu scade sub 200 Ω , ceea ce ajută la obținerea unui curent constant în capul de înregistrare.

Utilizarea unei pentode ca tub final în amplificatorul de înregistrare este avantajoasă, întrucit pentoda are o rezistență internă mare. Totuși, se pot utiliza și montaje care au o triodă ca tub final. Aceasta are o rezistență internă mai mică, care se poate însă mări mult prin utilizarea unei reacții negative de curent.

Realizarea practică a reacției negative de curent se obține prin eliminarea condensatorului care șuntează rezistența de catod (v. fig. VII-5). Astfel rezistența internă a tubului crește la valoarea :

$$R_i' = R_i + \mu A R_k$$

în care :

R_i' este rezistența internă a tubului cu reacție negativă ;

R_i — rezistența internă a tubului fără reacție negativă ;

μ — factorul de amplificare a tubului ;

A — factorul de amplificare a etajului fără reacție negativă.

R_k — rezistența de catod.

În acest caz notînd cu U_g tensiunea constantă de atac pe grila triodei, curentul din capul de înregistrare va fi :

$I_{cap} = \frac{\mu U_g}{R_i' + Z_{cap}} = \frac{\mu U_g}{R_i}$ constant în toată banda de frecvențe, considerînd că $R_i' \gg Z_{cap}$.

Reacția negativă de curent micșorează distorsiunile și zgomotul de fond, dar în același timp reduce și amplificarea etajului ; de aceea, în cazul utilizării acestui montaj trebuie să avem la dispoziție o amplificare suficientă.

În cele de mai sus s-a arătat cum se poate asigura un curent constant în capul de înregistrare în banda de 30-1 000 Hz. Însă după cum am văzut, mai este necesar ca la 10 000 Hz, curentul să crească de 3-4 ori în raport cu valoarea de la 1 000 Hz considerînd tensiunea de intrare constantă. Este de dorit ca ridicarea curentului să fie reglabilă și ca acesta să crească cel puțin de 5 ori, pentru a avea și o rezervă necesară compensării pierderilor cauzate de uzura capului. Ridicarea frecvențelor înalte poate fi realizată cu mai multe montaje, din care descriem cîteva :

a) utilizarea unui circuit care favorizează frecvențele înalte, montat în circuitul grilei de comandă a tubului final (fig. VII-6 *a*) ;

b) conectarea unui condensator în paralel pe rezistența de catod a unuia din etaje, ceea ce ne dă o reacție negativă dependentă de frecvență (fig. VII-6 *b*) ;

c) montarea în circuitul anodic al etajului final a unui circuit oscilant acordat pe frecvența maximă de transmis (fig. VII-6 *c*).

Amplificatoarele de înregistrare pot utiliza una, două sau toate cele trei metode de corecție simultan.

În fig. VII-7 este arătată corecția la înregistrare utilizată la magnetofonul Ferrophon *III C/3*, cu 3 viteze de deplasare a benzii (76,2 ; 38,1 și 19 cm/s). Inductanța capului de înregistrare are valoarea de 100 mH. Circuitul de corecție din figură este conectat printr-un condensator de 1 μ F în circuitul anodic al etajului final în care se folosește un tub EL 41. În cazul unei tensiuni de intrare constante, curentul care circulă prin înfășurarea capului de înregistrare ar fi constant la toate frec-

venţele, dacă sarcina ar fi formată numai de cele trei rezistenţe de 5,20 şi de 30 k Ω legate în serie.

În realitate însă, în paralel cu rezistenţele de 20 şi de 30 k Ω este legat un circuit oscilant serie format dintr-o in-

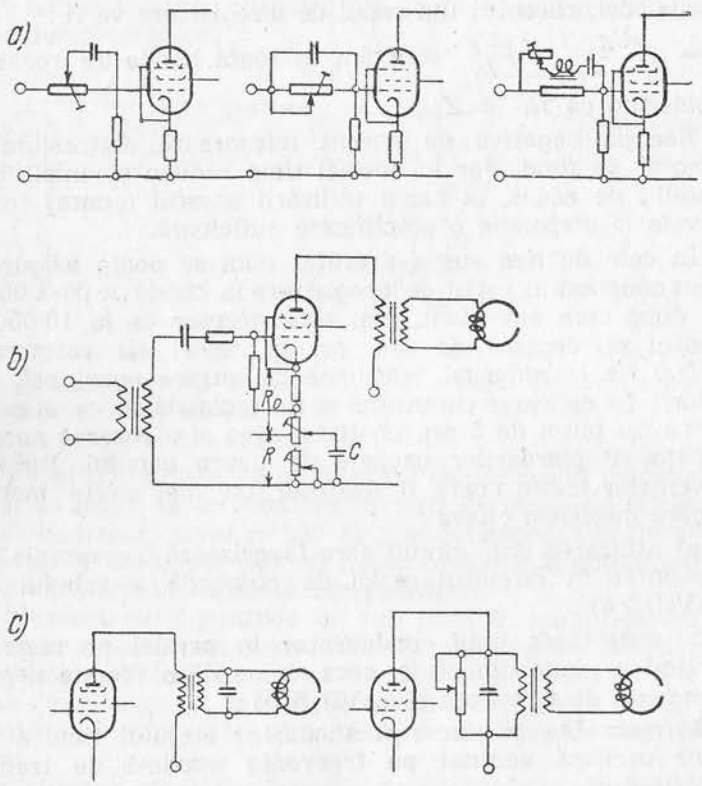


Fig. VII-6. Diferite metode pentru ridicarea frecvenţelor înalte:
a — în circuitul grilei de comandă; *b* — condensator legat în paralel cu rezistenţa de catod; *c* — circuit oscilant legat în circuitul anodic.

ductanţă fixă şi dintr-unul din cele trei condensatoare care corespund la cele trei viteze de deplasare a benzii.

Notînd inductanţa bobinei cu L, capacitatea cu C şi rezistenţa cu R, modulul impedanţei circuitului oscilant va fi dat de relaţia :

$$[\dot{Z}] = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}.$$

Atît timp cît impedanţa circuitului oscilant este mult mai mare decît rezistenţa cu care este legată în paralel, curentul din capul de înregistrare rămîne constant.

Ridicarea caracteristicii de frecvenţă începe la frecvenţa pentru care impedanţa circuitului oscilant devine comparabilă cu rezistenţa legată în paralel. La frecvenţa de rezonanţă, ridicarea va fi maximă.

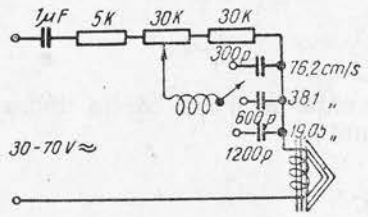


Fig. VII-7. Circuitul de corecţie la înregistrarea magnetofonului Ferrophon III-C/3.

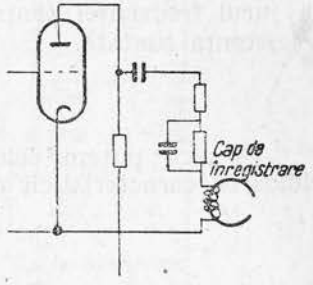


Fig. VII-8. Montaj pentru ridicarea frecvenţelor înalte în circuitul capului de înregistrare.

Montajul de mai sus este avantajos pentru că se poate conecta la anodul tubului final al unui radio receptor, fără nici o altă corecţie prealabilă. Un montaj asemănător cu cel din fig. VII-7 este arătat în fig. VII-8. Etajul final al amplificatorului de înregistrare alimentează capul de înregistrare prin intermediul a două rezistenţe, care contribuie la obţinerea unui curent constant. Una din rezistenţe este şuntată de un condensator a cărui impedanţă la frecvenţe înalte devine mai mică decît rezistenţa ; în acest mod se obţine o oarecare mărire a curentului la aceste frecvenţe.

Dacă se leagă un circuit oscilant în circuitul anodic (fig. VII-6 *c*), acesta poate fi constituit şi din inductanţa capului şi dintr-o capacitate legată în paralel cu primarul sau secundarul transformatorului de ieşire. Intensitatea curentului se reglează prin amortizarea oscilaţiilor în circuitul oscilant cu ajutorul unui potenţiometru legat în paralel. Uneori capacitatea este chiar capacitatea proprie a înfăşurării transformatorului.

Conectarea unui condensator de valoare convenabilă, în circuitul de catod, în paralel cu o parte a rezistenţei de catod

R_k are ca efect o reacție negativă de curent, dependentă de frecvență.

Dacă în fig. VII-6 *b*, notăm cu R acea parte a rezistenței de catod care este șuntată de condensator și cu R_0, partea nesuntată rezultă relația :

$$R_k = R + R_o .$$

Condensatorul de șuntare începe să influențeze rezultatul în jurul frecvenței pentru care impedanța sa devine egală cu rezistența șuntată.

$$\frac{1}{C\omega} = R.$$

De aici, putem calcula frecvența în jurul căreia începe ridicarea caracteristicii de frecvență :

$$f = \frac{1}{2\pi RC} .$$

Pentru frecvențe mult mai mici decît această valoare, $R \ll \frac{1}{\omega C}$, partea cea mai mare a curentului anodic va trece prin rezistența R și vom avea o reacție negativă mai pronunțată ; pentru frecvențe mai mari, $R \gg \frac{1}{\omega C}$, deci impedanța condensatorului devine mică față de rezistența șuntată. Reacția negativă va scădea. Dacă ne alegem frecvența începînd de la care dorim să obținem ridicarea caracteristicii de frecvență, putem calcula cu ușurință valoarea capacității condensatorului necesar :

$$C = \frac{1}{2\pi Rf} .$$

Dacă porțiunea de rezistență șuntată este reglabilă, se poate obține o ridicare reglabilă a frecvențelor înalte, pentru compensarea uzurii capului sau a schimbării tipului de bandă utilizată.

În fig. VII-9 este reprezentată schema amplificatorului de înregistrare a magnetofonului sovietic MZK-1 utilizat în cinematografie. După cum se vede, amplificatorul funcționează cu un singur tub 6H9C (o dublă triodă), iar etajul său final cuprinde o reacție negativă mixtă ; capul de înregistrare este montat în circuitul catodului acestui etaj, Astfel se obține un

curent constant în capul de înregistrare și o reducere a distorsiunilor de neliniaritate introduse de tub și de transformatorul de ieșire. Ridicarea caracteristicii de frecvență în regiunea frecvențelor înalte se obține cu ajutorul unui circuit oscilant serie legat în circuitul catodului primului etaj. Acest

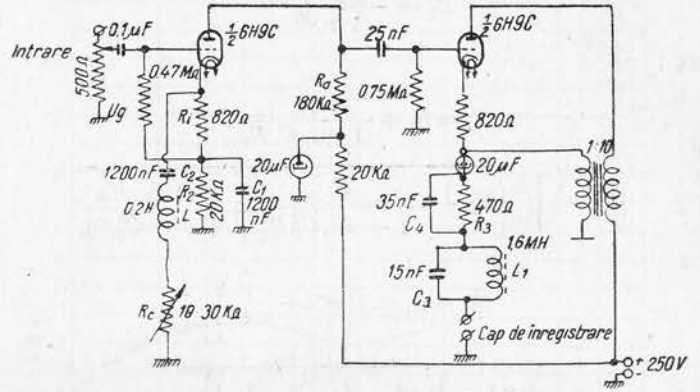


Fig. VII-9. Schema amplificatorului de înregistrare al magnetofonului MZK-1 utilizat în cinematografie.

etaj funcționează deci cu o reacție negativă de curent care variază în funcție de frecvență și anume factorul de reacție negativă scade cu creșterea frecvenței.

Capul de înregistrare are inductanța de $L = 8$mH și rezistența $R = 2\ \Omega$.

Considerînd impedanța de sarcină a primului etaj independentă de variația frecvenței, factorul de amplificare al acestui etaj este :

$$K = \frac{S'}{\frac{1}{R_i} + \frac{1}{R_a}} = S' \frac{R_i \cdot R_a}{R_i + R_a},$$

în care

R_i este rezistența internă a tubului,

R_a — rezistența de sarcină ;

S' — panta tubului în montaj de reacție negativă

$$S' = \frac{S}{1 + S Z_k} ;$$

în care :

S este panta tubului fără reacție negativă ;

Z_k — impedanța variabilă în funcție de frecvență a circuitului de catod.

$$Z_k = \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

în care :

$$Z_1 = R_1 + \frac{R_2}{1 + j\omega C_1 R_2}$$

$$|Z_1| = \sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2}{1 + \omega^2 C_1^2 R_2^2}\right)^2 + \frac{\omega^2 C_1^2 R_2^2}{1 + \omega^2 C_1^2 R_2^2}}$$

$$Z_2 = R_k + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C_2}\right)$$

$$|Z_2| = \sqrt{R_k^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C_2}\right)^2},$$

în care R_1, R_2, C_1, C_2 și L au valorile din figură, iar R_k este o rezistență variabilă, care poate avea valoarea minimă de 10 Ω și valoarea maximă de 25 000 Ω. Cu cît valoarea rezistenței R_k este mai mică, cu atît ridicarea frecvențelor înalte este mai pronunțată ; dacă $RC = 10$ Ω creșterea este maximă și la 7 000 Hz este egală cu circa 13 db în raport cu valoarea la 1 000 Hz. În acest caz, caracteristica de frecvență arată ca în fig. VII-10.

Calculul factorului de amplificare al etajului se reduce deci la calculul impedanței complexe Z_k la diverse frecvențe.

În fig. VII-11 este ilustrată corecția unui amplificator de înregistrare cu ajutorul unui circuit care ridică frecventele înalte, montat în circuitul grilei de comandă a etajului final. Fig. VII-11 reprezintă schema amplificatorului de înregistrare al magnetofonului sovietic RMS-16 utilizat în radiodifuziune.

Amplificatorul este format din două etaje cuplate prin transformator. Primul etaj, care lucrează cu un tub 6V6, are un transformator coborîtor în circuitul anodic al tubului, cu un coeficient de transformare de circa 3 : 1. Rolul acestui transformator este de a micșora rezistența reflectată în circuitul oscilant serie montat în circuitul grilei de comandă al etajului

final. Acest circuit este astfel calculat încît rezultă o ridicare a frecvențelor înalte începînd de la frecvențele medii. La frecvența de 10 000 Hz (frecvența de rezonanță a circuitului) ridi-

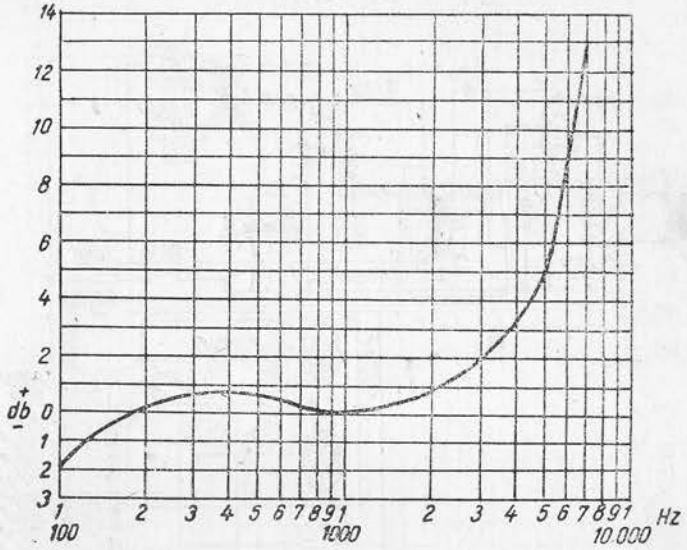


Fig. VII-10. Caracteristica de frecvență a amplificatorului de înregistrare din fig. VII-9, pentru corecția maximă.

carea este maximă și are valoarea de 18 db, în raport cu valoarea la frecvența de 1 000 Hz.

Să examinăm circuitul de corecție al acestui amplificator, reprezentat separat în fig. VII-12. Cu notațiile din figură, avem :

$$Z_1 = \frac{R_{12}\left[R_{11} + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)\right]}{R_{12} + R_{11} + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)}$$

$$|Z_1| = \frac{R_{12}}{\left(R_{11} + R_{12}\right)^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega c}\right)^2} \times$$

$$\times \sqrt{\left(R_{11}^2 + R_{11} R_{12} + \omega^2 L^2 - 2\frac{L}{C} + \frac{1}{\omega^2 c^2}\right)^2 + R_{12}^2\left(\omega L - \frac{1}{\omega c}\right)^2}.$$

în care R_{11} este o rezistență reglabilă (avînd ca valoare maximă 0,1MΩ)cu care se poate regla ridicarea frecvențelor înalte, iar

$$Z_2 = R_{15}$$

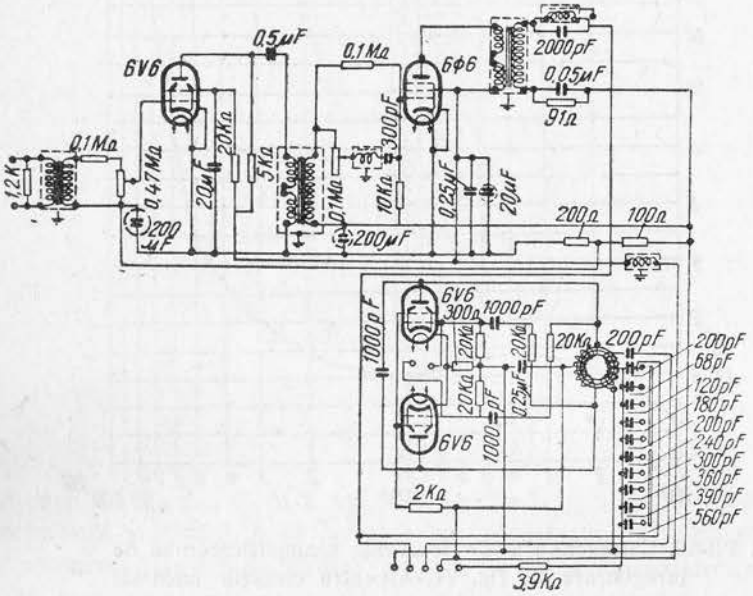


Fig. VII-11. Amplificatorul de înregistrare și oscilatorul magnetofonului sovietic RMS1-6.

Atenuarea dată de acest circuit poate fi calculată cu relația :

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{Z_1 + Z_2}{Z_2} = 1 + \frac{Z_1}{Z_2};$$

sau în db :

$$A_{db} = 20 \log \frac{U_1}{U_2} = 20 \log \left(1 + \frac{Z_1}{Z_2} \right).$$

Pentru a calcula atenuarea în funcție de frecvență, calculăm expresia de mai sus pentru diferite frecvențe, dînd diferite valori rezistenței R_{11}.

Rezultatele obținute pentru trei valori ale rezistenței R_{11} (1 000 Ω, 10 000 Ω și 100 000 Ω) sînt date în curbele din fig. VII-12.

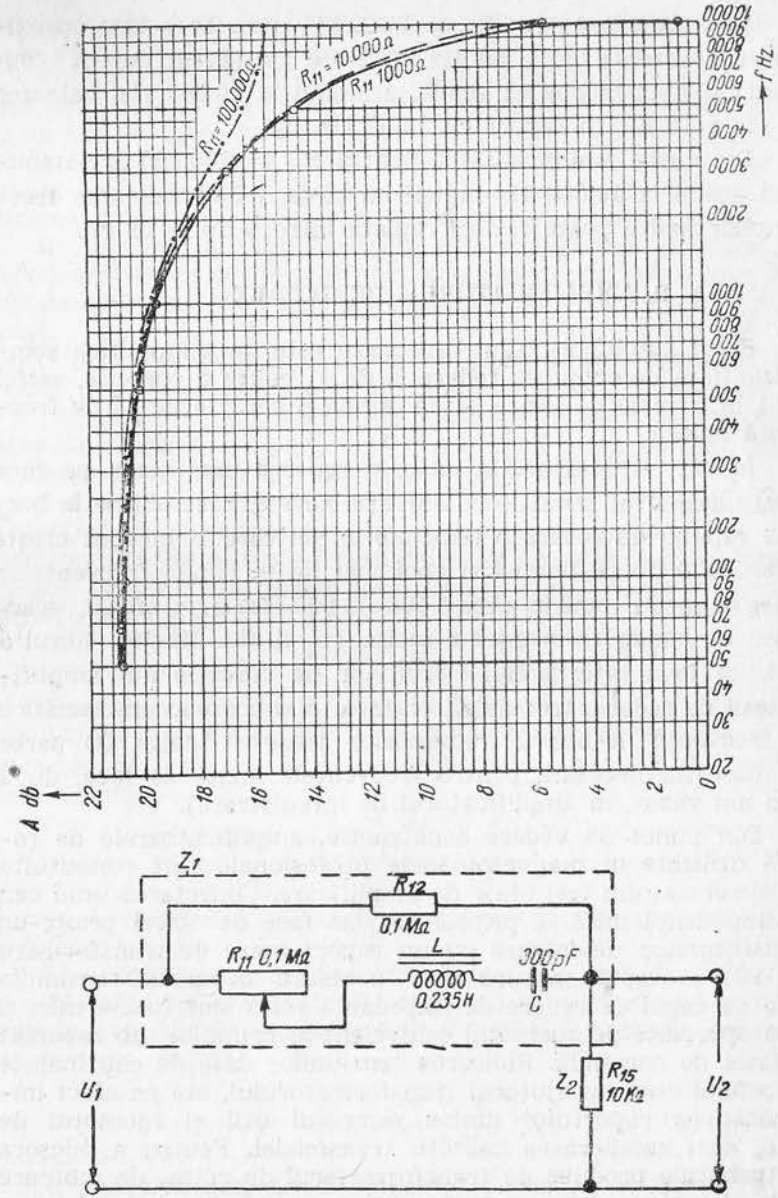


Fig. VII-12. Circuitul de corecție al amplificatorului de înregistrare din fig. VII-11 și curbele de atenuare a circuitului pentru trei valori ale rezistenței R_{11}: 1000Ω, 10 000Ω și 100 000Ω.

Se vede că pentru $R_{11} = 1\,000\ \Omega$, atenuarea este aproximativ constantă între 50 Hz și 1 000 Hz (avem curent constant) și apoi începe să scadă, atingînd la 10 000 Hz, valoarea de circa 18 db, în raport cu 1 000 Hz.

Din curbe mai rezultă că pentru $R_{11} = 100\,000\ \Omega$, atenuarea scade la 10 000 Hz numai cu circa 4 db; ridicarea frecvențelor înalte poate fi deci reglată între 4 db și 18 db.

2. AMPLIFICATORUL DE REDARE

Rolul amplificatorului de redare este de a amplifica semnalele date de capul de redare și de a realiza o corecție, astfel încît la bornele de ieșire să se obțină o caracteristică de frecvență liniară.

În cap. III s-a arătat că prin redarea unei benzi pe care s-au înregistrat semnale cu corecția necesară, se obține la bornele capului de redare o tensiune în gol care la început crește liniar cu 6 db pe octavă și apoi mai lin în banda frecvențelor joase și medii (pînă la circa 3 000—4 000 Hz) și, în sfîrșit, scade brusc în banda frecvențelor înalte (v. și fig. III-30). Rezultă deci, că prin intermediul circuitelor de corecție din amplificatorul de redare, trebuie să obținem o ridicare a caracteristicii de frecvență în banda frecvențelor joase și înalte. (O parte din corecția necesară pentru frecvențele înalte se face, după cum am văzut, în amplificatorul de înregistrare).

Din punct de vedere constructiv, amplificatoarele de redare utilizate în magnetofoanele profesionale sînt constituite din două sau din trei etaje de amplificare. Conectarea unui cap de impedanță mică la primul etaj se face de obicei printr-un transformator de intrare cu un raport mare de transformare (60-90). Această măsură este necesară deoarece tensiunile date de capul de redare de impedanță mică sînt foarte mici și prea apropiate de zgomotul echivalent al primului tub raportat la grila de comandă. Ridicarea tensiunilor date de cap înainte de primul etaj, cu ajutorul transformatorului, are ca efect îmbunătățirea raportului dintre semnalul util și zgomotul de fond, deci ameliorarea calității transmisiei. Pentru a micșora perturbațiile produse de transformatorul de rețea, de motoare și de alte piese ale magnetofonului, circuitul magnetic al transformatorului de intrare trebuie să aibă dimensiuni cît mai re-

duse; de aceea se folosește pentru miezul acestuia permalloy cu o permeabilitate inițială mare*).

Tot pentru a mări raportul dintre semnal și zgomot, primul etaj al amplificatorului de redare trebuie să fie prevăzut cu un tub cu nivel de zgomot mic și cu efect microfonic redus de tip 6SN7, 6J7, EF12, CF50, EF14, EF40 etc. De obicei se utilizează încălzirea prin curent alternativ, dar uneori, pentru reducerea zgomotului de sector, se folosește curent continuu.

Etajul final al amplificatorului de redare are de obicei o impedanță de ieșire mică pentru a putea debita, pe o linie de impedanță variabilă, o tensiune de ieșire independentă de frecvență.

O primă corecție a frecvențelor joase în amplificatorul de redare poate fi făcută chiar în circuitul capului de redare.

Pentru aceasta, metoda cea mai simplă constă în introducerea unei rezistențe pure de valoare mică în paralel cu grila de comandă a tubului primului etaj (fig. VII-13).

S-a arătat că f.e.m. dezvoltată în capul de redare este proporțională cu produsul dintre inducția remanentă de pe purtător și frecvență; întrucît inducția remanentă este aproximativ constantă în banda frecvențelor joase și medii, f.e.m. satisface relația:

$$E_0 = A \cdot \omega$$

Curentul care circulă în circuitul echivalent al capului (fig. VII-13 *b*) depinde de valoarea rezistenței de corecție R și de impedanța capului de redare reflectată în secundarul transformatorului:

$$I'_0 = \frac{A \quad \omega \cdot n}{\sqrt{R^2 + (\omega L_0 n^2)^2}}$$

în care n este raportul de transformare al transformatorului de intrare și

L_0 — inductanța capului de redare.

Admițînd că rezistența R este mică în comparație cu impedanța capului de redare, adică $R \ll \omega L_0$ relația de mai sus devine:

$$I_0 = \frac{A \cdot \omega \cdot n}{\omega \cdot L_0 \cdot n^2} = \frac{A}{L_0 n}.$$

*) Pentru calculul transformatorului de intrare, v. G. S. Țîchin „Transformatoarele de joasă frecvență", Cap. VI — (Editura Energetică de Stat).

Curentul din circuit va avea deci o amplitudine constantă, care va provoca o cădere de tensiune pe rezistența R :

$$U_R = I_0 \cdot R = \frac{A \cdot R}{n L_0}$$

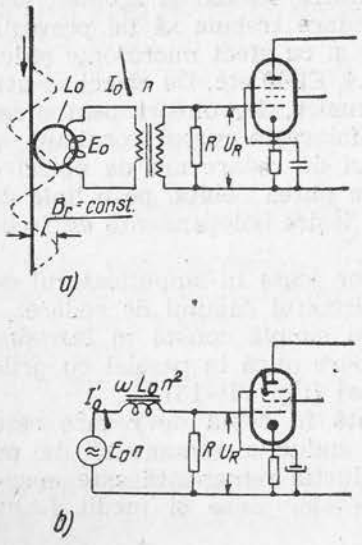


Fig. VII-13. Corecția frecvențelor joase în circuitul capului de redare: *a* — montajul real; *b* — circuitul echivalent.

Rezultă că tensiunea de pe grila de comandă a primului tub va avea aceeași amplitudine la toate frecvențele, deși tensiunea dată de capul de redare crește cu frecvența. O condiție necesară pentru eficacitatea acestei metode de corecție pînă la frecvențele cele mai joase, este ca rezistența R care șuntează capul de redare să fie cît mai mică.

Folosirea unor rezistențe de șuntare de valoare prea mică ar provoca însă micșorarea semnalului util și mărirea zgomotelor; deci raportul semnal util zgomot s-ar înrăutăți. Din această cauză, se acceptă o soluție de compromis : se alege o rezistență de șuntare care produce o corecție ceva mai mică decît cea necesară, însă astfel aleasă încît să nu rezulte un raport prea mic între semnal și zgomot.

O ridicare mai pronunțată a frecvențelor joase poate fi obținută cu un condensator C montat în serie cu rezistența R, mai ales dacă condensatorul și inductanța capului L_{cap} formează un curent oscilant-serie ca în fig. VII-14. Circuitul oscilant este amortizat de rezistențele R și R_L în care R_L este rezistența capului de redare. La frecvența de rezonanță, se obține o ridicare mai pronunțată a caracteristicii de frecvență. Prin modificarea valorii lui R se poate varia ridicarea frecvențelor joase.

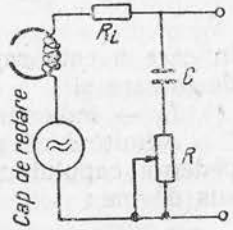


Fig. VII-14. Corecția frecvențelor joase cu o rezistență variabilă și condensator.

Frecvența de rezonanță se alege de obicei în partea inferioară a benzii de frecvențe transmise.

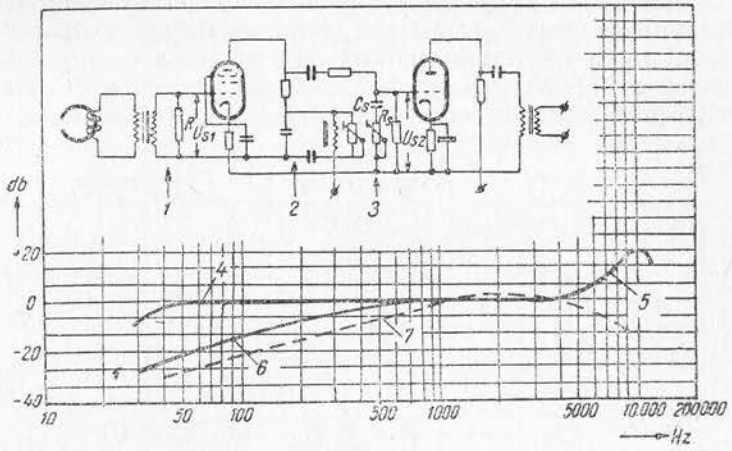


Fig. VII-15. Amplificator de redare cu corecția frecvențelor joase. și înalte:
1 — prima corecție la frecvențe joase; *2* — corecția frecvențelor înalte; *3* — a doua corecție la frecvențe joase; *4* — după a doua corecție; *5* — corecția frecvențelor înalte; *6* — după prima corecție; *7* — FEM în capul de redare.

Dacă din motivele arătate, corecția de pe grila primului etaj nu este suficientă, corecția suplimetară a frecvențelor joase se face în circuitul grilei celui de al doilea tub al amplificatorului. În acest scop se utilizează de obicei un divizor rezistență-capacitate (fig. VII-15). Prin reglarea rezistenței R_s se pot compensa modificările caracteristicii de frecvență cauzate de uzura capului de redare.

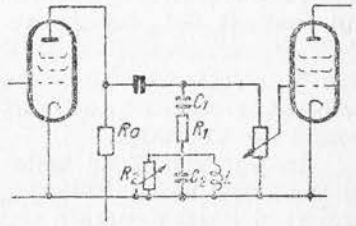


Fig. VII-16. Corecție combinată a frecvențelor joase și înalte.

Prin metodele de corecție arătate mai sus se poate obține o caracteristică de frecvență liniară în domeniul frecvențelor joase și medii. Ridicarea caracteristicii în regiunea superioară a benzii se face montînd în circuitul anodic al primului tub un circuit oscilant acordat pe frecvența superioară a benzii transmise (de exemplu : 10 000 Hz). Variația ridicării se obține prin

amortizarea circuitului oscilant cu o rezistență variabilă (fig. VII-15).

Montajul din fig. VII-16 reprezintă o corecție combinată a frecvențelor joase și înalte într-un amplificator de redare. Circuitul $C_1 R_1$ montat în paralel cu rezistența de sarcină R_a formează o impedanță descrescătoare cu frecvența. O dată cu impedanța de sarcină scade, bineînțeles și amplificarea.

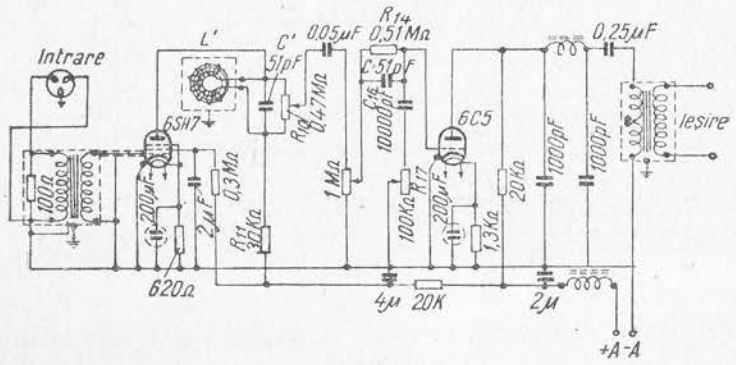


Fig. VII-17. Amplificatorul de redare al magnetofonului RMS-16.

La montajele cu pentodă, valoarea rezistenței R_1 trebuie să fie de circa 10 ori mai mică decît R_a . Reactanța capacitivă $\left(\frac{1}{\omega C_1}\right)$ se alege astfel încît la 100 Hz să fie de 10 ori mai mare decît R_1 . Ridicarea frecvențelor înalte se realizează în circuitul oscilant $C_2 L$, amortizat prin rezistența R_2.

Ridicarea este variabilă. În locul circuitului $C_1 R_1$ se mai poate utiliza pentru ridicarea frecvențelor joase un circuit oscilant amortizat, acordat la frecvența limită inferioară a benzii de frecvență.

În fig. VII-17 se vede schema amplificatorului de redare al magnetofonului RMS-16, compus din două etaje avînd intrarea și ieșirea cuplate prin transformator iar legătura dintre etaje realizată prin cuplaj obișnuit RC.

În circuitul primarului transformatorului de intrare — deci în paralel cu capul de redare — este legată o rezistență de 100 Ω pentru prima corecție a frecvențelor joase. Frecvența inferioară în jurul căreia va începe corecția rezultă din relația :

$$f = \frac{R}{2\pi L_{cap}} = \frac{100}{2\pi\, 8 \cdot 10^{-2}} = 200 \text{ Hz.}$$

Primul etaj al amplificatorului lucrează cu un tub 6SH7 ; în circuitul grilei de comandă al acestuia este introdus transformatorul de intrare cu raport de transformare ridicător și de valoare mare (1 : 62), cu o triplă ecranare compusă din două ecrane magnetice (din permalloy și din oțel) și din unul electrostatic (din cupru). În circuitul anodic al primului tub este legat un circuit oscilant amortizat, acordat pe frecvența superioară a benzii de lucru (10 000 Hz), cu ajutorul căruia se realizează o ridicare continuă a frecvențelor înalte de la 3 000 Hz pînă la 10 000 Hz.

Să examinăm separat circuitul de corecție (fig. VII-18 *a*). Din figură se vede că pentru pozițiile extreme ale potențiometrului R_{10} (minimum și maximum) obținem schemele echivalente din fig. VII-18 *b*, respectiv VII-18 *c*. Să calculăm impedanța Z_1 a circuitului oscilant :

$$\frac{1}{Z_1} = \frac{1}{j\omega L'} + j\omega C' + \frac{1}{R_{10}} = \frac{R_{10} - \omega^2 C' L' R_{10} + j\omega L'}{j\omega L' R_{10}}$$

$$Z_1 = \frac{j\omega L' R_{10}}{R_{10} - \omega^2 C' L' R_{10} + j\omega L'} = \frac{R_{10}}{1 + j\omega C' R_{10}\left(1 + \frac{1}{\omega^2 L' C'}\right)}$$

$$|Z_1| = \frac{R_{10}}{1 + \omega^2 C'^2 R_{10}^2 \left(1 + \frac{1}{\omega^2 L' C'}\right)^2} \sqrt{1 + R_{10}^2 \left(\omega C' + \frac{1}{\omega L'}\right)^2} .$$

Considerind schema echivalentă din fig. VII-18 *b* avem :*)

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{R_{11} + Z_1}{R_{11} + Z_1 + R_i} ;$$

în care R_i este rezistența internă a tubului 6SH7.

$$R_i = 900\,000\ \Omega .$$

Atenuarea tensiunii care străbate circuitul va fi :

$$A_1 = 20 \log \frac{U_2}{U_1} \text{ db.}$$

*) Calculul pentru această poziție prezintă o oarecare aproximație, întrucît s-au neglijat rezistențele din circuitul de grilă al etajului următor.

Considerînd schema echivalentă din fig. VII-18 *c*, avem :

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{R_{11}}{R_i + Z_1 + R_{11}}$$

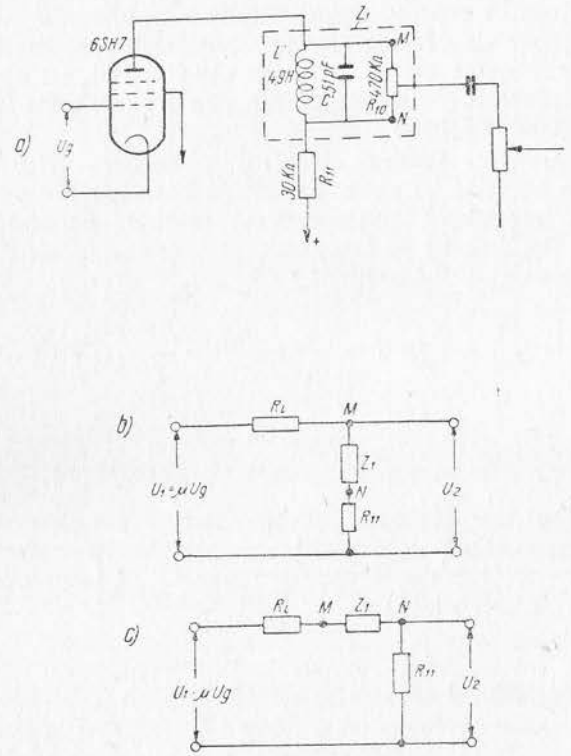


Fig. VII-18. Circuitul de corecție pentru frecvențe înalte al amplificatorului din fig. VII-17 (*a*) și schemele echivalente pentru pozițiile extreme ale potențiometrului R_{10} (| b | și | c |).

iar atenuarea tensiunii va fi

$$A_2 = 20 \log \cdot \frac{U_2}{U_1} \text{ db.}$$

Ambele relații depind de frecvență prin intermediul lui Z_1 în a cărui expresie intră $\omega = 2\pi f$. Dînd lui f valorile de 1 000 Hz

și 10 000 Hz, obținem atenuările introduse de circuitul de corecție la aceste frecvențe.

În cazul b), făcînd diferența atenuărilor pentru 10 000 Hz și pentru 1 000 Hz și ținînd seama că $U_{1\ 10\,000\ \text{Hz}} = U_{1\ 1\,000\ \text{Hz}} =$ = const, obținem ridicarea curbei de frecvență pentru acest caz :

$$A_{1\ 10\,000} - A_{1\ 1\,000} = 20 \log \frac{\frac{U_{2\ 10\,000}}{U_{1\ 10\,000}}}{\frac{U_{2\ 1\,000}}{U_{1\ 1\,000}}} = 20 \log \frac{U_{2\ 10\,000}}{U_{2\ 1\,000}}.$$

Înlocuind valorile din schemă avem :

$$20 \log \frac{U_{2\ 10\,000}}{U_{2\ 1\,000}} = 15 \text{ db.}$$

Analog pentru cazul c) ridicarea curbei de frecvență va fi :

$$A_{2\ 10\,000} - A_{2\ 1\,000} = 3{,}5 \text{ db.}$$

Rezultă că ridicarea frecvențelor înalte este reglabilă între 3,5 db și 15 db.

În al doilea etaj al amplificatorului se folosește un tub 6C5, a cărui ieșire este adaptată prin transformator la rezistența de sarcină de 600 Ω. Transformatorul de ieșire este protejat printr-un ecran magnetic gros din alsifer și printr-un ecran electrostatic din cupru.

În circuitul de grilă al celui de-al doilea tub este introdus un circuit de corecție format din rezistențele R_{14} și R_{17} (reglabil) și condensatoarele C_{15} și C_{16}. Rolul acestui circuit este de a realiza o ridicare suplimentară cu circa 6 db pe octavă a caracteristicii de frecvență în regiunea frecvențelor joase și medii astfel încît ea să compenseze curba capului de redare în regiunea frecvențelor 50 — 3 000 Hz (v. fig. VII-4). Ridicarea este reglabilă în limite largi cu ajutorul potențiometrului R_{17} a cărui valoare maximă este de 100 KΩ.

În fig. VII-19 este arătat separat circuitul de corecție de mai sus. Să calculăm corecția produsă de acest circuit :

$$Z_1 = \frac{R_{14} \frac{1}{j\omega C_{15}}}{R_{14} + \frac{1}{j\omega C_{15}}} = \frac{R_{14}}{1 + jR_{14}\omega C_{15}}; \quad |Z_1| = \frac{R_{14}}{\sqrt{1 + R_{14}^2 C_{15}^2 \omega^2}}$$

$$Z_2 = R_{17} + \frac{1}{j\omega C_{16}} = R_{17} - j\frac{1}{\omega C_{16}}; \quad |Z_2| = \sqrt{R_{17}^2 + \frac{1}{\omega^2 C_{16}^2}}$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{Z_1 + Z_2}{Z_2} = 1 + \frac{Z_1}{Z_2};$$

$$A_{db} = 20 \log \frac{U_1}{U_2} = 20 \log \left(1 + \frac{Z_1}{Z_2}\right).$$

Calculînd valoarea lui A pentru $R_{17} = 1\,000\,\Omega$, obținem curba de atenuare din fig. VII-19.

Rezultă că pentru această valoare a lui R_{17}, are loc între 50 Hz și 3 000 Hz o scădere continuă a caracteristicii de frecvență cu aproximativ 6 db pe octavă.

Filtrul trece jos, montat înaintea transformatorului de ieșire (fig. VII-17), limitează partea superioară a benzii de frecvență la 10 000 Hz, reducînd astfel zgomotul total, care are componente apreciabile și în banda de frecvențe care se găsește deasupra acestei limite.

Din combinarea caracteristicii de frecvență a celor trei circuite de corecție rezultă curba de răspuns a amplificatorului de redare.

În fig. VII-20 este reprezentată schema amplificatorului de redare al magnetofonului MZK-1. Acesta este compus din două tuburi 6H9C (dublă triodă) deci are în total 4 etaje. În circuitul catodului etajului al treilea este montat același circuit de corecție a frecvențelor înalte pe care l-am descris la amplificatorul de înregistrare (fig. VII-9).

Ridicarea frecvențelor joase se face prin 2 elemente de corecție și anume :

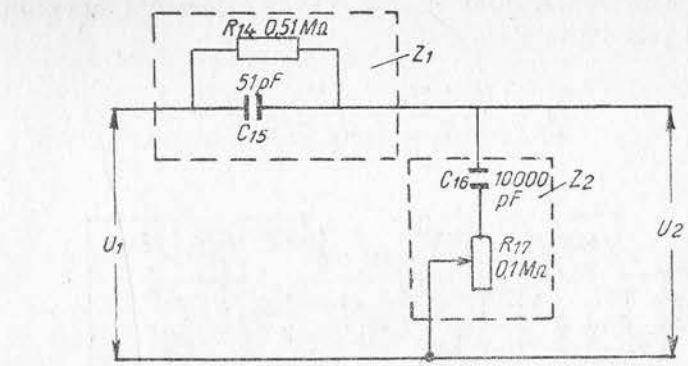
a) o rezistență de 10 000 Ω care șuntează capul de redare (care are impedanță mare) :

b) o rezistență de 4 000 Ω și un condensator de 50 000 pF legate în circuitul de grilă al celui de al treilea etaj.

Cu ajutorul acestor corecții se obține pentru amplificatorul de redare caracteristica de frecvență prezentată în fig. VII-21 (pentru corecția maximă).

O altă soluție pentru corecția amplificatoarelor de redare este utilizarea reacției negative. Reacția negativă poate fi folosită pentru ridicarea atît a frecvențelor înalte cît și a celor joase.

Un exemplu de corecție a frecvențelor joase prin reacție



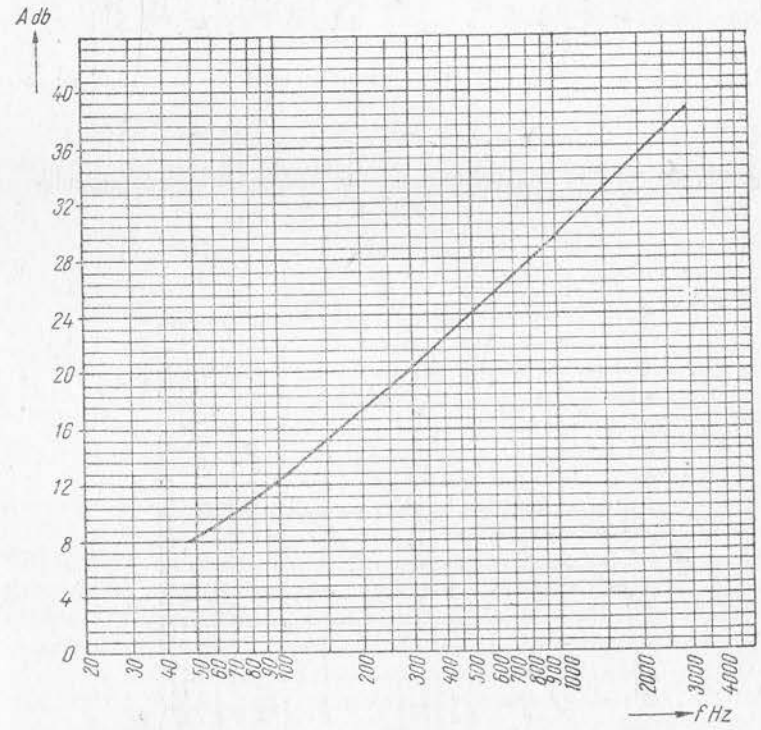


Fig. VII-19. Circuitul de corecție din circuitul de grilă al celui de al doilea tub al amplificatorului din fig. VII-17 și curba de atenuare a circuitului pentru R_{17}=1 000 Ω.

negativă este reprezentat în fig. VII-22. Curentul care circulă prin rezistența R_z va fi :

$$I_a = \frac{U_a + U_g}{R_z} = \frac{U_g}{R_z}(1 + \mu)$$

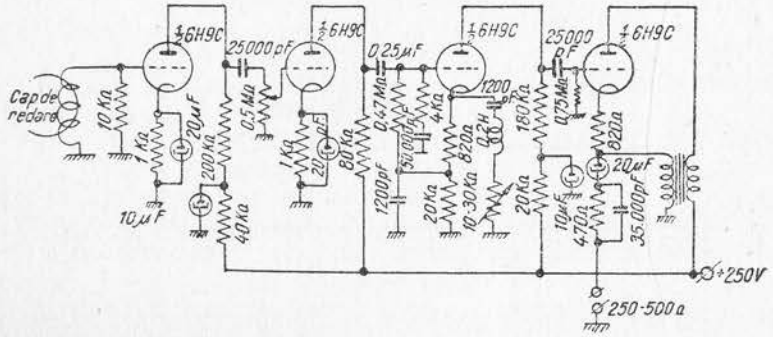


Fig. VII-20. Schema amplificatorului de redare al magnetofonului MZK-1.

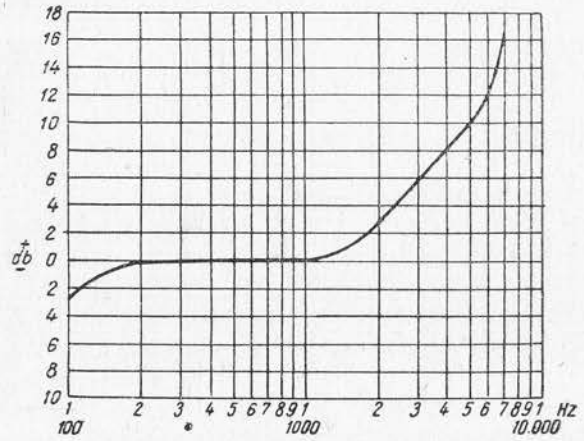


Fig. VII-21. Caracteristica de frecvență a amplificatorului prezentat în fig. VII-20.

în care :

U_a este amplitudinea tensiunii din circuitul anodic ;

U_g — amplitudinea tensiunii din circuitul de grilă ;

$\mu = \frac{U_a}{U_g}$ factorul de amplificare al tubului.

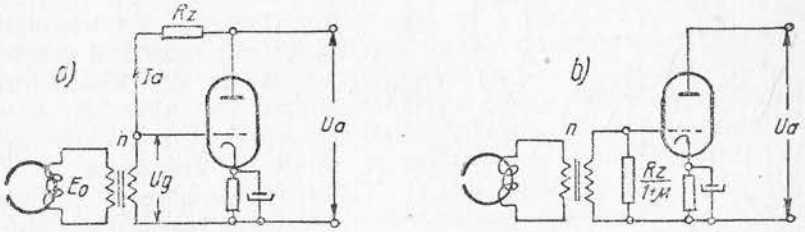


Fig. VII-22. Corecție prin reacție negativă :
a — schema reală ; *b* — schema echivalentă.

Rezultă deci că schema din fig. VII-22 *a* poate fi înlocuită cu schema echivalentă din fig. VII-22 *b*, în care secundarul transformatorului de intrare este șuntat cu rezistența :

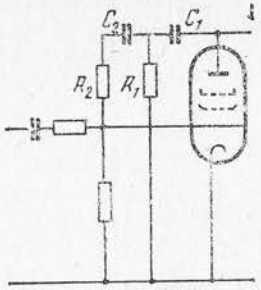


Fig. VII-23. Corecția frecvențelor joase prin reacție negativă dependentă de frecvență.

$$R = \frac{U_g}{I_a} = \frac{R_z}{1 + \mu} .$$

Dacă factorul de amplificare al tubului din primul etaj este 80, iar rezistența $R_z = 2$ M Ω, secundarul transformatorului este șuntat cu :

$$R = \frac{2 \cdot 10^6}{1 + 80} \cong 25\,000\ \Omega .$$

Această rezistență este suficient de mică pentru a permite liniarizarea caracteristicii de frecvență pînă la o frecvență suficient de joasă. În adevăr, considerînd că raportul de transformare $n = 30$, și inductanța capului $L = 80$ mH, frecvența de la care începe liniarizarea va fi

$$f = \frac{R}{2\pi \cdot L n^2} = \frac{25\,000}{6{,}28 \cdot 80 \cdot 10^{-3} \cdot 30^2} = 55 \text{ Hz.}$$

Astfel, deşi capul este şuntat cu o rezistenţă de valoare foarte mică, raportul dintre semnal şi zgomot nu se strică, cum se întîmplă la folosirea unor rezistenţe reale. În adevăr o reacţie negativă care slăbeşte un semnal de o anumită frecvenţă, slăbeşte în aceeaşi măsură şi perturbaţiile de aceeaşi frecvenţă.

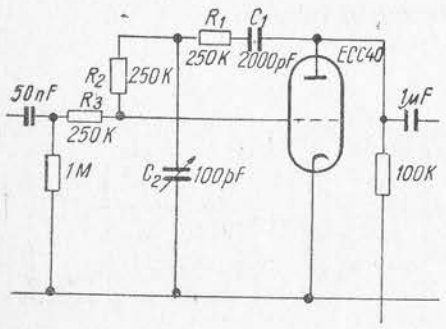


Fig. VII-24. Reacţie negativă dependentă de frecvenţă pentru ridicarea frecvenţelor înalte şi joase.

Corecţia frecvenţelor joase din montajul reprezentat în fig. VII-23 se obţine cu ajutorul unei reacţii negative, care depinde de frecvenţă.

Condensatorul C_1 are o valoare mare, astfel încît reactanţa lui se poate neglija faţă de celelalte elemente ale circuitului iar C_2 o valoare mică; astfel, tensiunile semnalelor de frecvenţă ridicată vor fi mai mult atenuate şi deci cele de frecvenţă joasă vor fi accentuate. Alegînd în mod corespunzător valorile elementelor montajului, putem realiza corecţia necesară în porţiunea inferioară a caracteristicii de frecvenţă.

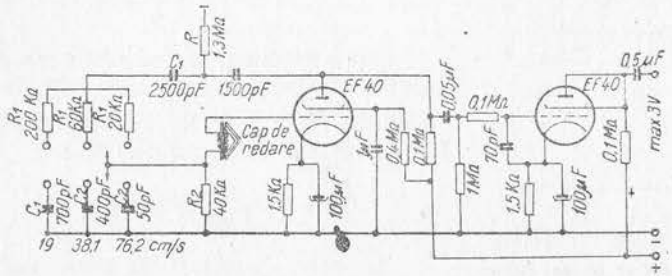


Fig. VII-25. Amplificatorul de redare al magnetofonului Ferrophon IIIC/3.

Reacţia negativă dependentă de frecvenţă poate fi folosită şi pentru ridicarea frecvenţelor înalte. În fig. VII-24 este reprezentată o schemă de corecţie a frecvenţelor înalte şi joase prin reacţie negativă, utilizînd elemente a căror impedanţă depinde de frecvenţă.

La frecvenţe joase, reactanţa condensatorului C_1 este foarte mare şi tensiunea de reacţie negativă care se aplică pe grila tubului este mică; cu creşterea frecvenţei, impedanţa scade şi reacţia negativă devine importantă. Reactanţa condensatorului C_2 este atît de mare la frecvenţe joase şi medii, încît efectul lui poate fi neglijat. De la o anumită frecvenţă însă, C_2 începe să reprezinte o derivaţie pentru R_2 şi R_3 şi cu cît frecvenţa este mai mare, cu atît tensiunea de reacţie negativă este mai mică. Astfel, atît frecvenţele joase (la care tensiunea de reacţie este împiedicată de condensatorul C_1 să ajungă pe grilă) cît şi frecvenţele înalte (la care tensiunea de reacţie negativă este derivată la masă de condensatorul C_2, a cărui impedanţă la 10 000 Hz este abia 160 kΩ) sînt ridicate. Condensatorul C_2 este reglabil, pentru a permite reglarea corecţiei la frecvenţe înalte, din motivele arătate mai înainte.

Un montaj asemănător cu cel din fig. VII-24, aparţinînd magnetofonului EL3530 este analizat mai detaliat în paragraful următor (v. fig. VII-31).

Fig. VII-25 reprezintă amplificatorul de redare al magnetofonului Ferrophon III C/3 pentru trei viteze. Capul de redare are impedanţă mare (L=3H), astfel încît este cuplat la grila de comandă a primului etaj fără transformator de intrare.

Corecţia necesară se efectuează în primul etaj, cu ajutorul unei reacţii negative dependente de frecvenţă. În calculul ce urmează se neglijează rezistenţa de 1,3 MΩ, din circuitul de reacţie, iar capacităţile de 2 500 pF şi 1 500 pF, legate în serie, se înlocuiesc cu capacitatea rezultantă C_1=937,5 pF. Aceasta se poate face întrucît efectul elementelor de mai sus se simte numai la frecvenţe joase şi se va ţine seama de el ulterior.

După cum se vede în schemă, corecţia este comutabilă pentru cele 3 viteze. Să notăm cu R_1 rezistenţele de 20,60 respectiv 200 kΩ, cu C_2 capacităţile de 50, 400 — respectiv 700 pF şi cu R_2 — rezistenţa de 40 KΩ.

În banda frecvenţelor joase avem:

$$\frac{1}{\omega C_2} \gg R_2 .$$

Reactanţa capacitivă, foarte mare, în paralel cu rezistenţa R_2 se poate deci neglija.

În acest caz, coeficientul de reacţie negativă este:

$$|\beta| = \frac{R_2}{\sqrt{\left(R_1 + R_2\right)^2 + \frac{1}{\omega^2 C_1^2}}} .$$

Cum

$$(R_1 + R_2)^2 \ll \frac{1}{\omega^2 C_1^2},$$

coeficientul de reacție negativă devine :

$$|\beta| \cong \frac{R_2}{\frac{1}{C_1 \omega}} = R_2 C_1 \omega .$$

Factorul de amplificare al etajului va fi în cazul reacției

$$A' = \frac{A}{1 - A\beta} = \frac{1}{\frac{1}{A} - \beta},$$

în care A este factorul de amplificare al etajului fără reacție negativă.

Dacă factorul A are o valoare destul de ridicată, atunci

$$\frac{1}{A} \ll |\beta|,$$

și rezultă că

$$|A'| = \frac{1}{|\beta|} = \frac{1}{R_2 C_1 \omega}$$

care, în cazul frecvențelor joase, dă corecția corespunzătoare pentru a obține amplificarea invers proporțională cu frecvența. Deoarece în cazul frecvențelor foarte joase, coeficientul β fiind proporțional cu frecvența (v. mai sus) condiția

$$\frac{1}{A} \ll |\beta|$$

nu este îndeplinită, este necesar să ameliorăm corecția. Acest lucru se realizează cu rezistența de 1,3 M Ω și cu condensatorul de 1 500 pF neglijate anterior.

La frecvența

$$f = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \cdot 1{,}3 \cdot 10^6 \cdot 1{,}5 \cdot 10^{-9}} = 81{,}5 \text{ Hz},$$

condensatorul de 1 500 pF are o reactanță egală cu 1,3 M Ω Astfel la frecvențe foarte joase, coeficientul de reacție negativă scade și amplificarea crește.

În domeniul frecvențelor mijlocii și înalte

$$\frac{1}{C_1 \omega} \ll R_1 + R_2,$$

deci reactanța capacitivă mică a condensatorului C_1 în serie cu R_1 și R_2, se poate neglija.

În cazul frecvențelor mijlocii relația :

$$\frac{1}{C_2 \omega} \gg R_2$$

este încă valabilă ca și la frecvențe joase, iar coeficientul de reacție negativă devine :

$$\beta = \frac{R_2}{R_1 + R_2} .$$

Dacă $\frac{1}{A} \ll |\beta|$, factorul de amplificare al etajului și în acest caz va fi :

$$A_0' \simeq \frac{R_1 + R_2}{R_2} = \frac{1}{\beta} .$$

Amplificarea este deci constantă într-o regiune destul de îngustă din banda frecvențelor mijlocii.

În regiunea superioară a benzii de frecvențe

$$\frac{1}{C_2^2 \omega^2} \ll R_2^2 \text{ și } \frac{1}{C_2^2 \omega^2} \ll R_1^2$$

iar coeficientul de reacție negativă devine :

$$|\beta| = \frac{1}{R_1 C_2 \omega} .$$

Cu aceasta, factorul de amplificare în cazul reacției negative va fi :

$$A'' \simeq R_1 C_2 \omega .$$

astfel că va rezulta o ridicare a frecvențelor înalte.

Valoarea ridicării față de frecvențele mijlocii este dată de relația :

$$20 \log \frac{A''}{A_0'} = 20 \log \frac{\frac{R_1 C_2 \omega}{R_1 + R_2}}{R_2} = 20 \log \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} C_2 \omega \quad \text{(db)} .$$

Utilizarea reacției negative pentru corecția caracteristicii de frecvență a amplificatoarelor de redare prezintă și avan-

tajul îmbunătățirii raportului dintre semnal și zgomot (întrucît o dată cu semnalul util se reduce și nivelul zgomotelor perturbatoare) cum și al micșorării importante a distorsiunilor de neliniaritate. Reducerea nivelului semnalului util poate fi compensată prin mărirea numărului de etaje de amplificare, sau prin alegerea unor tuburi cu factor de amplificare mare.

În amplificatoarele prevăzute cu reacție negativă, raportul dintre semnal și zgomot al întregii instalații atinge 60 db.

3. AMPLIFICATOARE DE ÎNREGISTRARE ȘI DE REDARE COMBINATE

Magnetofoanele portabile și de amatori trebuie să aibă un volum cît mai mic și o construcție cît mai simplă, atît pentru a reduce greutatea lor, cît și pentru a reduce costul lor.

Din această cauză, s-a încercat să se construiască magnetofoane cu un singur amplificator care să servească — alternativ — pentru înregistrare și pentru redare. Un dezavantaj al magnetofoanelor care au asemenea amplificatoare constă în faptul că nu se poate efectua controlul modulației înregistrate pe bandă, chiar în timpul procesului de înregistrare, ci numai ulterior.

Este evident că pentru a lucra în condiții optime, un amplificator combinat nu poate avea aceeași caracteristică de frecvență atît la înregistrare cît și la redare, întrucît cele două procese cer corecții diferite. De aceea, unele magnetofoane sînt prevăzute cu circuite de corecție comutabile ; o dată cu comutarea capului de înregistrare-redare pe ieșirea, respectiv pe intrarea amplificatorului, se comută și circuitul de corecție corespunzător.

Totuși, pentru a simplifica lucrurile se pot utiliza amplificatoare cu aceeași caracteristică de frecvență atît la înregistrare cît și la redare făcînd anumite concesii în privința calității finale a înregistrării ; în acest caz, corecția necesară a caracteristicii de frecvență se distribuie jumătate la înregistrare și jumătate la redare.

Pentru a preveni apariția distorsiunilor în amplificatoare la frecvențe joase, nu se utilizează o ridicare prea accentuată a caracteristicii de frecvență în domeniul frecvențelor joase, ci se introduce o parte a corecției necesare în circuitul capului, iar cealaltă parte a corecției se împarte în mod egal între canalele de înregistrare și de redare. Construcția magnetofoanelor sovietice MAG-2, MAG-4, Dniepr-1 se bazează pe

acest principiu. În aceste aparate, caracteristica canalului de înregistrare este ridicată în regiunea frecvențelor înalte și joase. Acest lucru impune reducerea valorii nominale a curentului de audiofrecvență la frecvențe medii și, prin urmare, duce la o anumită mărire a nivelului relativ de zgomote. Utilizarea amplificatoarelor și a capetelor combinate de înregistrare și redare cere o grijă deosebită la ecranarea comutatorului și a conexiunilor de la acesta pînă la cap, respectiv pînă la amplificator. În adevăr, la înregistrare capul fiind legat la ieșirea amplificatorului, iar la redare la intrarea lui, ambele perechi de borne ale amplificatorului sînt legate la punctul de comutare : aceasta poate da naștere la oscilații, dacă nu se face o ecranare îngrijită a conexiunilor.

În fig. VII-26 se arată schema amplificatorului combinat de înregistrare și redare al magnetofonului portabil BK-411.

Amplificatorul este format din două etaje de amplificare cu tuburile 6J7 și 6SJ7, un etaj oscilator cu tubul 6J5 pentru generarea curentului de polarizare, indicatorul optic de nivel (6E5) și un etaj amplificator de putere în contratimp cu o dublă triodă 6SN7 alimentată de la un etaj defazor 6SL7.

La înregistrare funcționează numai primele două etaje de amplificare, indicatorul optic de nivel și etajul oscilator, iar la redare funcționează primele două etaje și etajul final de putere, indicatorul optic de nivel și oscilatorul fiind deconectate.

Amplificatorul poate fi legat prin comutare la capul de înregistare și redare. În schemă este reprezentat și sistemul de comutare, care constă dintr-un comutator cu 3 poziții **(K1)** : înregistrare de la microfon, înregistrare de pe linie și redare.

În primul caz, semnalul dat de microfon atacă direct grila de comandă a primului tub de amplificare, iar în cazul al doilea, semnalul de pe linie este în prealabil atenuat printr-un divizor de tensiune format din R29-R27-C17.

Se vede din figură că în poziția „înregistrare", contactele *A* și *B* sînt scurtcircuitate, deci indicatorul optic de nivel este alimentat și indică nivelul modulației. Dacă comutatorul este pe poziția „redare", semnalele amplificate în primele două etaje ajung prin regulatorul de ton la grila etajului defazor 6SL7, apoi la etajul final 6SN7 și în sfîrșit la difuzor.

La redare, inductanța L_1 ridică frecvențele înalte, iar rezistența R 19 și condensatorul C 19 ridică frecvențele joase. Pentru a alimenta capul de înregistrare cu curent constant, etajul al doilea de amplificare este prevăzut cu reacție negativă de curent (R 8).

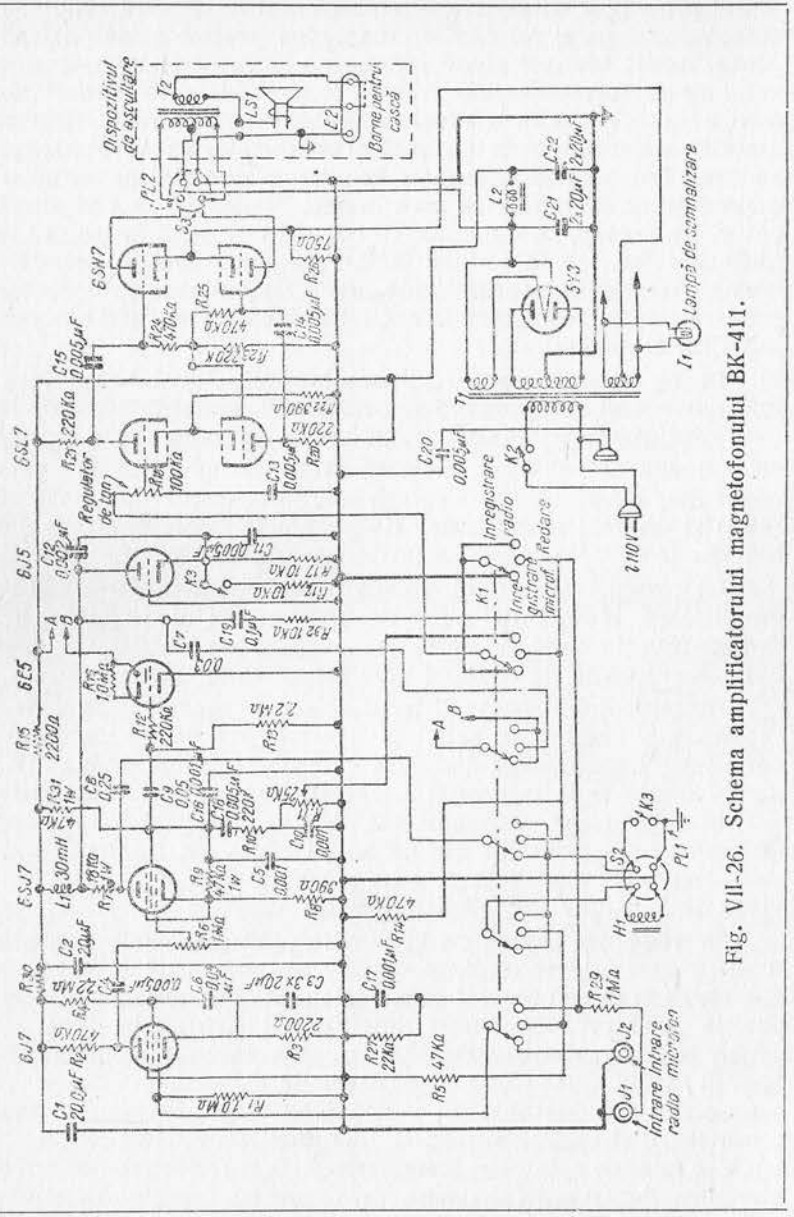


Fig. VII-26. Schema amplificatorului magnetofonului BK-411.

Comutatorul K3 servește la schimbarea valorii curentului de polarizare.

În fig. VII-27 și VII-28 este reprezentată schema de principiu a amplificatorului combinat, de înregistrare și redare al

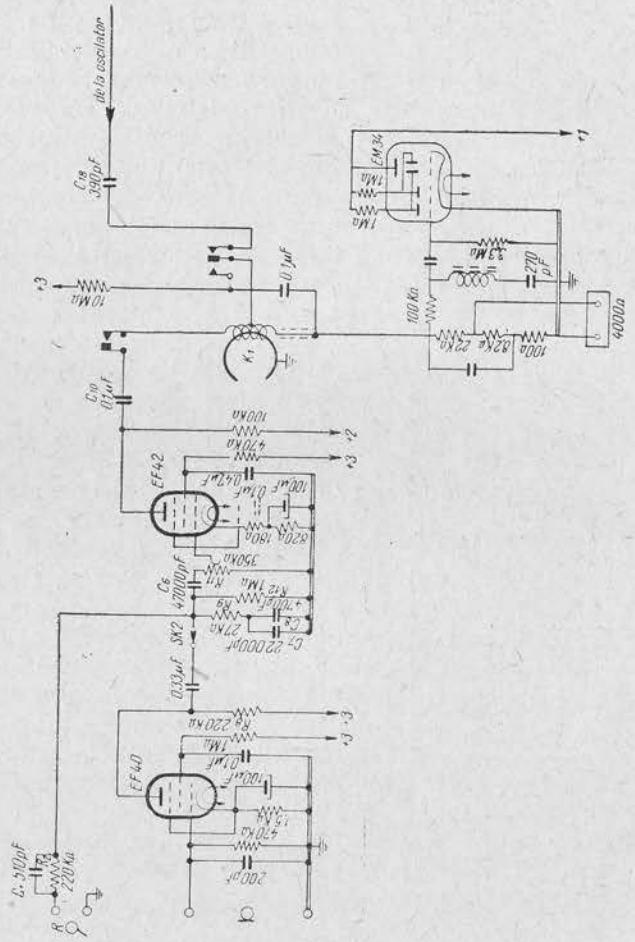


Fig. VII-27. Schema amplificatorului combinat al magnetofonului EL3530 în poziția de înregistrare.

magnetofonului semiprofesional EL 3530, format din două etaje de amplificare și un etaj oscilator pentru înregistrare și dintr-un etaj amplificator de putere pentru redare cum și dintr-un redresor și un indicator optic de nivel.

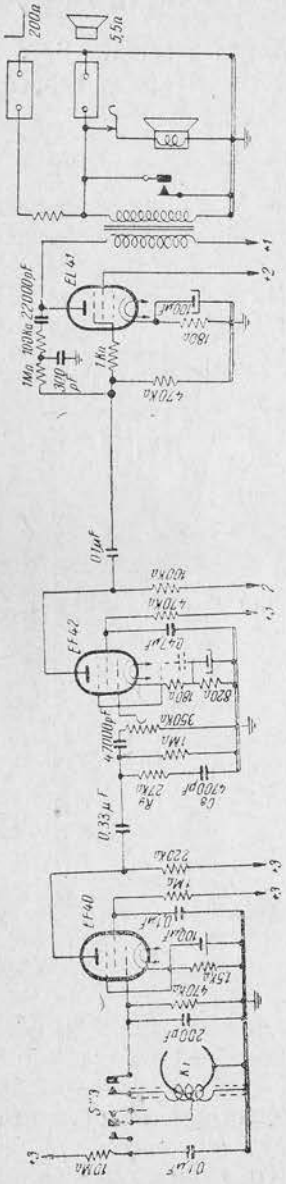


Fig. VII-28. Schema amplificatorului combinat al magnetofonului EL3530 în poziția redare.

Pentru a înțelege mai bine funcționarea amplificatorului în cele două situații, se reprezintă separat schema de principiu în poziția de înregistrare (fig. VII-27) și cea de redare (fig. VII-28) a comutatorului de înregistrare și redare SK1.

Înregistrare. La înregistrare K1 servește drept cap de înregistrare, pe care se aplică semnalul de audiofrecvență, prin intermediul condensatorului C10 și semnalul de polarizare de circa 50 kHz, prin intermediul condensatorului C18.

Preamplificarea semnalelor care provin de la un microfon, se face cu un etaj prevăzut cu tubul EF40; ieșirea acestui etaj se aplică apoi la intrarea celui de-al doilea etaj, prevăzut cu tubul EF42. Simultan, se poate introduce și un program recepționat de un aparat de radio sau debitat de o doză de redat discuri ; în acest caz, semnalul avînd o valoare inițială mai mare, este suficientă amplificarea unui singur etaj. Comutatorul SK2 permite întreruperea circuitului preamplificatorului de microfon, pentru a putea elimina „suflul" primului tub, cînd acesta nu se utilizează.

Ridicarea frecvențelor joase se realizează cu ajutorul rezistenței R_9 și condensatoarelor C_7 și C_3, a căror reactanță scade cu creșterea frecvenței.

Să examinăm separat schema echivalentă a circuitului de

corecție a frecvențelor joase, reprezentată prin fig. VII-29.

Atenuarea dată de un asemenea circuit este :

$$A = \frac{U_1}{U_2} = \frac{(Z_1 + Z_2)(Z_3 + Z_4) + Z_1 Z_2}{Z_1 Z_2}$$

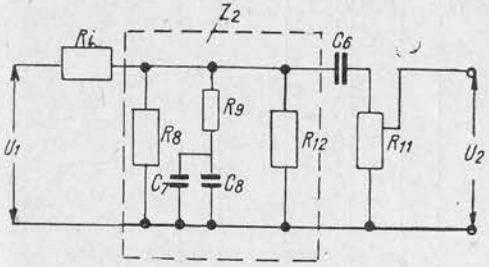


Fig. VII-29. Circuitul de corecție a frecvențelor joase la amplificatorul din fig. VII-27 la înregistrare.

în care $Z_1 = R_i = 2$ M Ω iar Z_2 este impedanța rezultantă a impedanțelor R_8, Z_x, R_{12} legate în paralel :

$$\frac{1}{Z_2} = \frac{1}{R_8} + \frac{1}{Z_x} + \frac{1}{R_{12}}$$

unde

$$Z_x = R_9 + \frac{1}{j\omega (C_7 + C_8)}$$

$$Z_3 = \frac{1}{j\omega C_6}$$

$$Z_4 = R_{11} = 350 \text{ K } \Omega.$$

La frecvențe înalte, impedanța condensatorilor $C_7 + C_8$ și C_6 este neglijabilă față de impedanța celorlalte elemente, astfel încît :

$$A_{10\,000} \cong A_{1\,000}$$

Efectuînd calculul atenuării la 60 Hz și la 1 000 Hz, și calculînd raportul lor în decibeli, obținem :

$$20 \log \frac{A_{1\,000}}{A_{60}} \cong 7 \text{ db}$$

adică circuitul de corecție ridică frecvențele joase cu circa 7 db față de 1 000 Hz.

În fig. VII-30 este reprezentată caracteristica de frecvență a amplificatorului de înregistrare separat pentru nivel de microfon și separat pentru nivel de radio sau doză de redare.

Ridicarea frecvențelor înalte în poziția „radio" se datorește grupului R_2C_1.

Contactele SK3 sînt comandate automat de comutatorul de înregistrare și redare.

Redare — La redare capul K_1 servește drept cap de redare. Semnalul de audiofrecvență provenit de la capul K_1 este amplificat de tuburile EF 40 și EF 42 și este aplicat apoi la etajul de

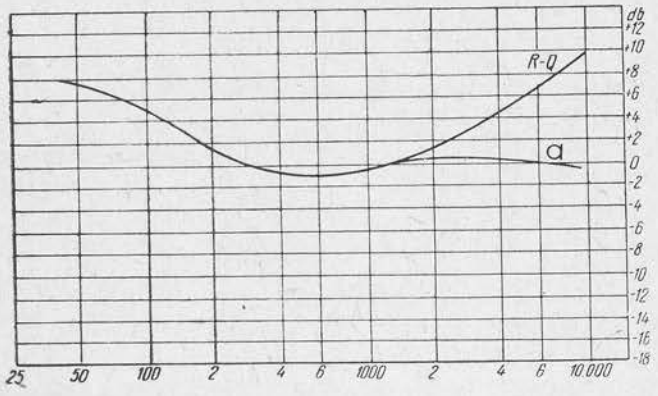


Fig. VII-30. Caracteristica de frecvență a amplificatorului din fig. VII-27.

putere care funcționează cu tubul EL 41. Amplificarea poate fi reglată cu potențiometrul R_{11}.

Circuitul de corecție se compune acum numai din rezistența R_9 și din condensatorul C_8, astfel încît frecvențele joase sînt ridicate mai mult decît în regimul de înregistrare (cu cca 9 db). Frecvența de 7 000 Hz este atenuată cu cca 2,8 db.

O ridicare suplimentară a frecvențelor joase, cum și ridicarea frecvențelor înalte se realizează în etajul final, cu ajutorul unui circuit complex de reacție negativă de tensiune dependentă de frecvență (asemănătoare în principiu cu cea din fig. VII-24).

Să examinăm separat circuitul de corecție (v. fig. VII-31). Coeficientul de reacție negativă β rezultă din relația :

$$\beta = \frac{R_e}{R_e + R_{18}} \cdot \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

în care :

R_e este rezistența echivalentă a rezistențelor R_{15} și R_1 legate în paralel :

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_{15}} + \frac{1}{R_1}$$

Z_2 este impedanța echivalentă a ansamblului format din două rezistențe montate în serie R_{18} *și* R_e, legate în paralel cu condensatorul C_{15}.

$$\frac{1}{Z_2} = \frac{1}{R_{18} + R_e} + j\omega C_{15}$$

iar Z_1 este impedanța rezultantă a rezistenței R_{19} și a condensatorului C_{13}, legate în serie.

$$Z_1 = R_{19} + \frac{1}{j\omega C_{13}}$$

Factorul de amplificare al unui etaj cu reacție negativă este

$$K' = \frac{K}{1 + \beta K}$$

în care K este factorul de amplificare fără reacție negativă.

$$K = \frac{\mu Z_a}{Z_a + R_i}$$

în care

$$Z_a = n^2 R_{difuzor} \simeq 5\,400\ \Omega$$

iar R_i este rezistența internă a tubului EL41

$$R_i = 40\ k\ \Omega.$$

n — raportul de transformare al transformatorului

μ — factorul de amplificare al tubului EL41
$\mu = 400$

Înlocuind toate valorile în expresia lui β și calculînd apoi pe K' pentru frecvențe joase (60 Hz), medii (1 000 Hz) și înalte (10 000 Hz) obținem valorile K'_j; K'_m *și* K'_{in}.

Pentru a obține ridicarea relativă a frecvențelor joase, față de cele medii, facem raportul :

$$20 \log \frac{K'_j}{K'_m} \cong 3 \text{ db.}$$

În mod analog obținem ridicarea relativă a frecvențelor înalte :

$$20 \log \frac{K'_{in}}{K'_m} \cong 4{,}3 \text{ db.}$$

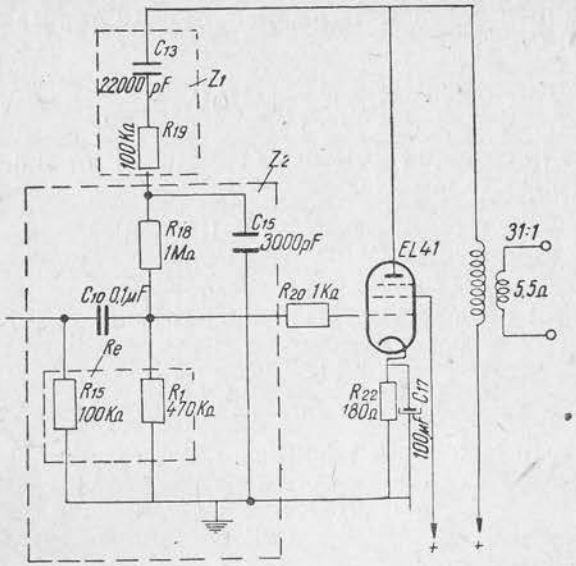


Fig. VII-31. Circuit de corecție pentru ridicarea frecvențelor joase și înalte la amplificatorul din fig. VII—28.

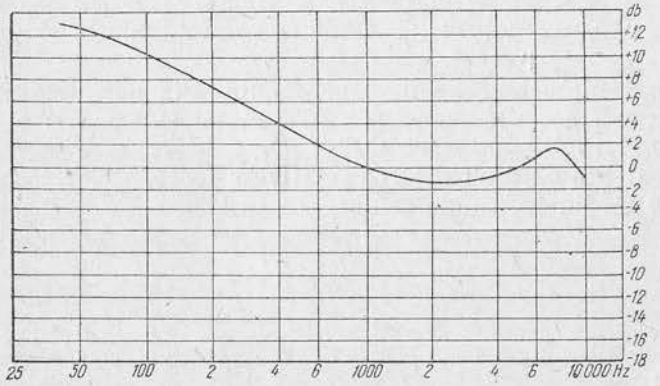


Fig. VII-32. Caracteristica de frecvență a amplificatorului de redare din fig. VII—28.

Combinînd caracteristica de frecvență care rezultă din acest circuit de corecție cu cea care rezultă din circuitul primului etaj, obținem caracteristica de frecvență reprezentată în fig. VII-32.

Magnetofonul EL3530 are un microfon cu cristal a cărui caracteristică de frecvență are o ridicare de cca 10 db la 10 000 Hz, în raport cu 1 000 Hz, din care cauză, în cazul înregistrării de la microfon, nu mai este necesară o corecție a frecvențelor înalte. În schimb, atunci cînd se face o înregistrare de pe recepție sau de pe un disc de patefon este necesară această corecție și ea se obține cu circuitul format din condensatorul C_1 și rezistența R_2 legate în paralel. După cum se vede din fig. VII-27 acest circuit nu este intercalat decît pe poziția R sau Q (receptor sau doză de redat discuri).

4. GENERATOARE DE INALTĂ FRECVENȚĂ

În capitolul III s-a arătat necesitatea de a suprapune în capul de înregistrare o polarizare de curent continuu sau alternativ peste semnalul de înregistrat, pentru a obține o înregistrare nedistorsionată. De asemenea, s-a motivat necesitatea unui cîmp continuu sau de înaltă frecvență pentru ștergerea înregistrărilor vechi de pe bandă, înainte de a se face o înregistrare nouă.

În magnetofoanele moderne, atît ștergerea cît și polarizarea se realizează cu ajutorul curenților de frecvență ultrasonică, generați cu ajutorul unor oscilatoare electronice.

Cîmpul de polarizare poate fi obținut fie cu ajutorul unei înfășurări suplimentare a capului de înregistrare străbătută de curenții de polarizare, fie prin introducerea amestecului de curenți (de audiofrecvență și de polarizare) în înfășurarea unică a capului (uneori acest amestec se realizează chiar în tubul etajului final al amplificatorului de înregistrare).

Frecvența curentului de polarizare se alege de 4-5 ori mai mare decît cea mai înaltă frecvență înregistrată, din motivele expuse în capitolul III.

Frecvența minimă a curentului de ștergere se determină din relația :

$$f = 20 \frac{v}{s} \text{ (Hz)}$$

în care v este viteza de deplasare a purtătorului în cm/s.

s — lățimea întrefierului în cm.

La primele instalații de înregistrare, se folosea pentru ștergere un oscilator separat cu frecvență relativ joasă de 30—40 kHz și un altul pentru polarizare cu o frecvență de 60—90 kHz. (fig. VII-33). Dezavantajul acestei soluții consta în apariția unor bătăi între frecvența curentului de polarizare și a curentului de ștergere, dar avea avantajul că frecvența generatorului de ștergere putea fi mai mică decît a celui de polarizare, deci era mai ușor de obținut un curent de ștergere de valoare relativ ridicată (150—200 mA), cu pierderi mai mici în fier. Pentru a evita fenomentul de interferență, cele două frecvențe erau astfel alese incît semnalele rezultante cu frecvențe combinate să nu cadă în banda frecvențelor audio.

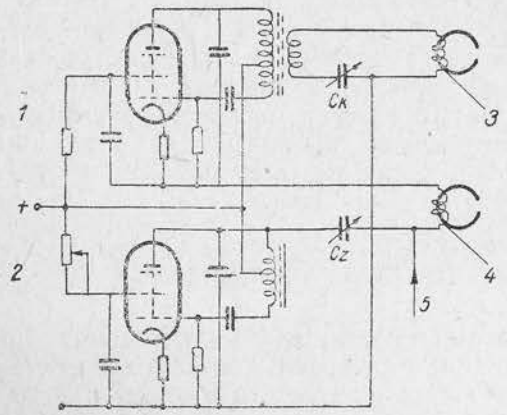


Fig. VII-33. Oscilatoare separate pentru alimentarea capului de ștergere și înregistrare: *1* — oscilatorul curentului de ștergere; *2* — oscilatorul curentului de polarizare; *3* — cap de ștergere; *4* — cap de înregistrare; *5* — curent de audiofrecvență.

Instalațiile moderne sînt prevăzute de obicei cu un oscilator comun cu frecvența de 50—150 kHz care alimentează direct atît capul de înregistrare, cît și cel de ștergere; uneori curentul produs de oscilator comandă două amplificatoare de înaltă frecvență, dintre care unul alimentează capul de înregistrare, iar celălalt capul de ștergere. Astfel interferența este eliminată. Unele magnetofoane folosesc un oscilator care produce un curent de ștergere cu frecvența relativ redusă, iar pentru polarizare se utilizează o armonică a acestuia.

Impedanța de ieșire a amplificatorului de înregistrare are uneori o valoare mică sau, în orice caz, comparabilă cu impedanța capului de înregistrare, mai ales la frecvențe înalte (ultrasonice). Din această cauză, această impedanță de ieșire reprezintă o sarcină pentru generatorul de polarizare și tinde să absoarbă în mod inutil curentul de polarizare. Pentru a evita pierderile, curentul de ieșire al amplificatorului de înregistrare se separă din punct de vedere al înaltei frecvențe, de circuitul curenților de polarizare, cu ajutorul unui circuit oscilant paralel (circuit „dop") montat în serie cu circuitul de ieșire și acordat la frecvența curentului de polarizare. Circuitul oscilant poate fi format dintr-un condensator și primarul transformatorului de ieșire; alteori, montajul permite suntarea secundarului transformatorului de ieșire cu ajutorul unui condensator (fig. VII-34).

Montajele utilizate pentru generarea curenților de înaltă frecvență sînt cele obișnuite, cunoscute din teoria oscilatoarelor, cel mai frecvent utilizat fiind cel clasic în trei puncte. În unele montaje se utilizează ca inductanță a circuitului oscilant chiar înfășurarea capului. Curba curentului de înaltă frecvență trebuie să fie simetrică, (curentul nu trebuie să aibă armonici pare); în caz contrar se măresc zgomotele și distorsiunile la înregistrare.

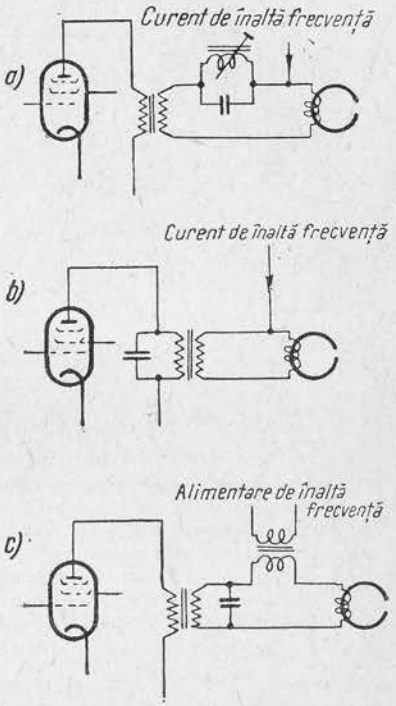


Fig. VII-34. Separarea circuitului curenților de înaltă frecvență de curentul semnalului de audiofrecvență: *a* — cu un circuit rezonant; *b* — cu un condensator montat în circuitul primarului; *c* — condensator montat în circuitul secundarului.

În adevăr, efectul unei componente continue a curenților de ștergere și polarizare se manifestă prin apariția unei magnetizări remanente, care variază din cauza neomogenității purtătorului, producînd un zgomot. Pe de altă parte, din cauza asimetriei polarizării, punctul de funcționare de pe curba de transfer nu este același pentru cele două alternanțe ale curentului de audiofrecvență (v. fig. VII-35). Cel puțin una din alternanțe ajunge în regiunea curbilinie a curbei de transfer, producînd distorsionarea semnalului înregistrat.

Oscilatorul care generează curentul de polarizare și de ștergere trebuie să aibă o putere de cîțiva wați, deci de cîteva ori mai mare decît puterea curenților de audiofrecvență. (În

special curentul de ştergere trebuie să aibă intensitate mare — pînă la 200-250 mA). De aceea se utilizează tuburi de putere (de tip EL11, EL12, EL41, 6V6 etc.).

Redresorul care alimentează oscilatorul cu tensiunea anodică necesară, trebuie să livreze o tensiune constantă, fără com-

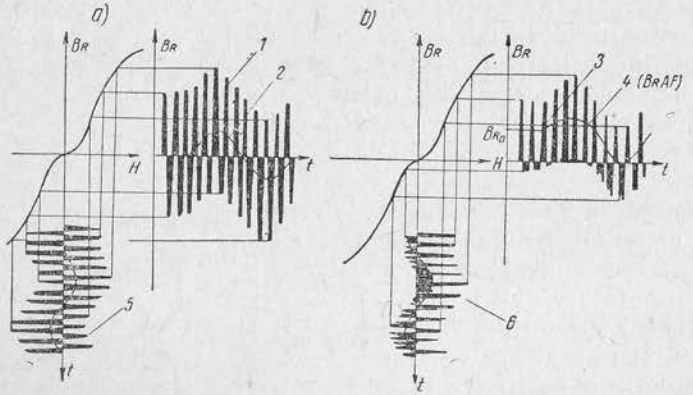


Fig. VII-35. Influenţa formei curentului de polarizare de J. F. asupra calităţii înregistrării:

a — cazul cînd forma curbei curentului de polarizare este simetrică; *b* — cazul cînd forma curbei curentului de polarizare este asimetrică; *1*—magnetizarea instantanee a benzii; *2*—magnetizarea remanentă care corespunde curentului de audiofrecvenţă (nedeformată); *3*—magnetizarea remanentă datorită componentei continue a polarizării; *4* — magnetizarea remanentă datorită curentului de audiofrecvenţă (deformată); *5* — curentul de audiofrecvenţă suprapus curentului de polarizare; *6* — curentul de audiofrecvenţă suprapus curentului de polarizare deformat.

ponentă alternativă. Frezenţa unei componente alternative, rezultată dintr-o filtrare defectuoasă, poate provoca modularea curentului de polarizare de înaltă frecvenţă de către frecvenţa reţelei. Acest fenomen poate provoca deformarea semnalelor de audiofrecvenţă şi înregistrarea pe bandă a unui „brum".

Valoarea curentului de polarizare poate fi de obicei reglată, pentru a putea obţine punctul de funcţionare optim pentru diferite tipuri de benzi.

Uneori se montează în circuitul de alimentare a oscilatorului şi a amplificatorului de înregistrare circuite de amortizare a impulsului de curent care ia naştere la conectare sau deconectare. În acest scop, se folosesc circuite RC cu o constantă mare de timp.

În fig. VII-11 este reprezentat oscilatorul de înaltă frecvenţă al magnetofonului RMS-16 — montat pe acelaşi şasiu cu amplificatorul de înregistrare.

Oscilatorul are două etaje în contratimp cu tuburi 6V6 într-un montaj în trei puncte. Pentru micşorarea dispersiei şi deci a efectului perturbator asupra altor circuite, circuitul oscilant al generatorului este prevăzut cu o bobină cu miez toroidal din alsifer presat. Întreaga bobină alimentează capul de ştergere, iar o porţiune a ei alimentează capul de înregistrare. Frecvenţa curentului produs de oscilator este de 60 kHz; curentul de ştergere este de 240 mA, iar cel de polarizare de 7-23 mA.

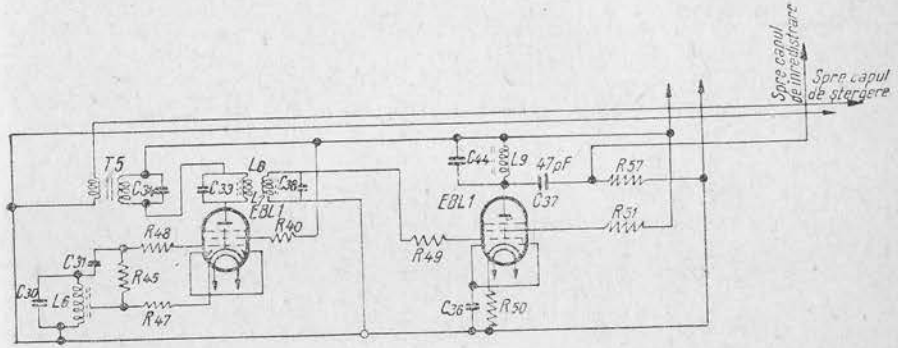


Fig. VII-36. Schema oscilatorului de înaltă frecvenţă al magnetofonului Philips

O instalaţie de înregistrare şi redare tip RMS-16 este de fapt compusă din două magnetofoane, pentru a putea asigura o înregistrare continuă, fără întrerupere. De aceea instalaţia este prevăzută cu două oscilatoare, a căror frecvenţă trebuie să fie riguros egală, pentru a nu avea bătăi. În acest scop, după cum se vede în figură, cele două oscilatoare sînt sincronizate prin intermediul unei rezistenţe de 3,9kΩ.

În fig. VII-36 este reprezentată schema oscilatorului de înaltă frecvenţă al unui magnetofon Philips. Acesta e format dintr-un tub EBL1 montat ca oscilator în trei puncte care generează curentul de ştergere cu frecvenţa de 35 kHz. În circuitul anodic este montat un transformator acordat pe armonica 3-a a fundamentalei (105 kHz), Semnalul de 105 kHz este amplificat într-un al doilea tub EBL1 şi aplicat apoi la capul de înregistrare prin intermediul unui condensator variabil.

5. INDICATOARE DE NIVEL

Se pot folosi mai multe metode pentru indicarea nivelului înregistrării : tuburi cu neon, „ochi magici" și voltmetre de vîrf cu caracteristică logaritmică.

Cea mai simplă metodă constă în folosirea unui tub cu neon care luminează atunci cînd amplificatorul de înregistrare debitează un curent capului de înregistrare. În timpul procesului de înregistrare se reglează potențiometrul de volum astfel încît tubul să lumineze din cînd în cînd la vîrfuri de modulație ; un nivel prea mare de înregistrare este semnalat printr-o lumină continuă sau aproape continuă. În fig. VII-37 *a* este reprodusă conectarea unui tub cu neon utilizat pentru indicarea nivelului de înregistrare.

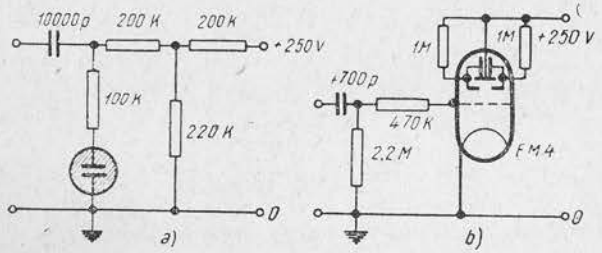


Fig. VII-37. Indicator de nivel :
a — cu tub de neon ; *b* — cu ochi magic.

Întrucît tubul cu neon nu dă indicații suficient de precise, ci semnalează numai vîrfurile de modulație, la unele magnetofoane se utilizează un indicator optic de nivel („ochi magic"). „Ochiul magic" este astfel reglat încît vîrfurile de modulație să fie semnalizate prin atingerea sectoarelor luminoase, iar supramodulația, prin suprapunerea sectoarelor (fig. VII-37 *b*).

Magnetofoanele profesionale sînt prevăzute de obicei cu indicatoare de nivel de tipul voltmetrelor de vîrf. Aceste instrumente permit o măsurare mai precisă a valorii curentului de înregistrare ; în plus, cadranul are de obicei gradații care indică atît curentul de înregistrare maxim cît și pe cel minim. Printr-un sistem de comutare, instrumentul permite și măsurarea curentului de înaltă frecvență de polarizare și de ștergere (fig. VII-38). Instrumentul propriu-zis este de tipul celor cu bobină mobilă, cu un echipaj mobil extrem de ușor.

În afară de simplitate, indicatoarele cu bec de neon sau cu ochi magic prezintă avantajul de a semnala rapid, fără inerție, valoarea curenților de înregistrare. Soluția ideală este, fără îndoială, utilizarea unui amplificator logaritmic urmat de un instrument indicator cu oglindă și pată luminoasă ; aceste aparate sînt însă foarte costisitoare și se întîlnesc numai în instalațiile de înaltă calitate.

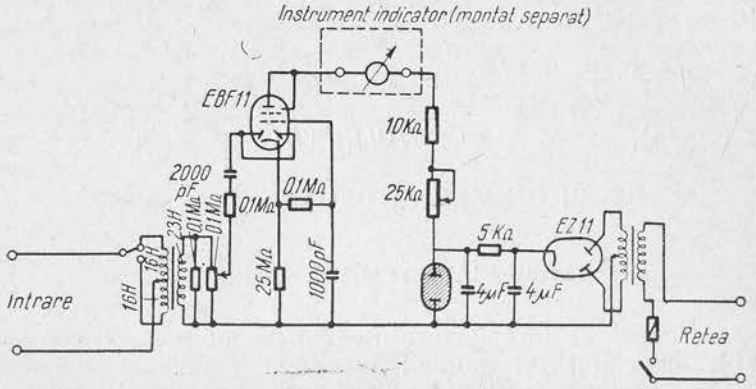


Fig. VII-38. Indicator de nivel cu voltmetru de vîrf.

Oricare ar fi sistemul de indicator de nivel utilizat, el trebuie să fie conectat după circuitele de corecție, căci în caz contrar nu ar indica curentul real care circulă în capul de înregistrare.

CAPITOLUL VIII

TIPURI DE MAGNETOFOANE REALIZATE

1. CLASIFICAREA MAGNETOFOANELOR

Sistemele de înregistrare magnetică pot fi clasificate după mai multe criterii și anume :

— după destinație ;
— după tipul construcției ;
— după viteza de deplasare a benzii ;

După *destinație,* magnetofoanele se împart în 3 grupe și anume în :

1) **magnetofoane profesionale** destinate a fi utilizate în radiodifuziune (magnetofoane de studio), la săli mari de concert pentru înregistrarea concertelor, la teatre, pentru înregistrarea pieselor, în scopuri științifice diverse, etc. ; tot din această grupă fac parte *magnetofoanele sincronizate* utilizate în cinematografia sonoră ; înregistrarea și redarea pe aceste aparate se face sincron cu deplasarea imaginii. Magnetofoanele din această grupă pot fi folosite și în cercetări științifice, atunci cînd este necesară sincronizarea semnalelor cu un alt proces ;

2) **magnetofoane semiprofesionale,** grupă în care se pot încadra diverse aparate de înregistrare cu destinație specială ca : dictafoanele, aparatele pentru darea semnalului de pauză sau a semnalului de oră exactă, magnetofoanele utilizate pentru reverberație artificială etc. (v. capitolul „Aplicații ale înregistrării magnetice") ;

3) **magnetofoane neprofesionale"** (de amatori).

După **tipul construcției** magnetofoanele se pot clasifica în: 1) *instalații* fixe, care se montează definitiv la locul exploatării (de exemplu magnetofoane de studio) ; 2) *aparate transportabile* — care au o greutate mai mică de 60 kg și dimensiuni care permit și transportarea cu mașina, trenul etc., pentru înregistrări în alte localități. De obicei, mașinile de reportaj sînt prevăzute cu astfel de aparate. Uneori, se întrebuințează acest tip de aparate în instalațiile studiourilor de radiodifuziune. 3) *aparate portabile,* categorie în care intră aparate care au dimensiuni și greutate redusă (1-15 kg) permițînd a fi transportate de o singură persoană pentru a face înregistrări pe stradă, la manifestații, în uzine etc. *După viteza de deplasare a benzii,* magnetofoanele pot fi clasificate în 5 categorii (cu vitezele de 76,2 cm/s, 38,1 cm/s, 19,05 cm/s, 9,5 cm/s, 4,75 cm/s).

Într-o categorie separată, intră aparatele care au mai multe viteze, prin comutare : 77 cm/s—38,5 cm/s—19,2 cm/s, (MAG-8 etc.).

În cele ce urmează vor fi descrise cîteva tipuri de magnetofoane realizate, clasificate după tipul construcției în instalații fixe, transportabile și portabile.

Tipurile descrise au fost alese dintre cele care prezintă caracteristici mecanice sau electrice mai interesante.

2. INSTALAȚII FIXE PENTRU STUDIOURI DE RADIODIFUZIUNE : MAGNETOFONUL RMS-16

Magnetofonul sovietic RMS-16, este destinat să funcționeze special în studiouri de radiodifuziune, în studiouri de cinematograf și în laboratoarele de cercetări acustice și electroacustice.

Magnetofonul RMS-16 este construit ca unitate independentă de înregistrare și redare a programelor de radiodifuziune și conține, grupate pe un pupitru de control comun, toate dispozitivele de comandă și control necesare unui grup de două magnetofoane. Pupitrul de control (v. fig. VIII-1) conține : cheile de comutare a liniilor de intrare și ieșire, jacurile de control în cască a liniilor de intrare și ieșire, atenuatorul liniilor de intrare, de ieșire, atenuatorul de amestec, dispozitive de semnalizare optice, comutatorul de control auditiv al modulației și cel de control optic al nivelului de modulație și instrumentul de control al nivelului de modulație.

Sistemele de tipul RMS.-16, formate din două grupuri de magnetofoane, permit înregistrarea și redarea continuă a programelor și controlul lor simultan auditiv și optic.

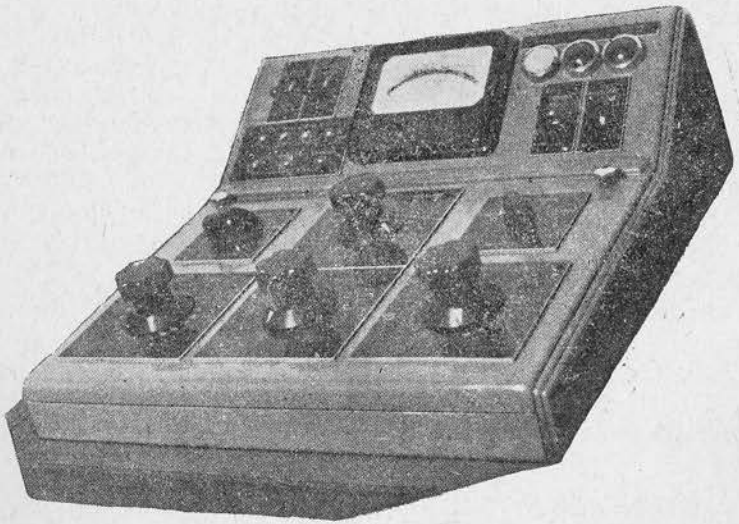


Fig. VIII-1. Pupitrul de comandă și control al magnetofonului RMS-16.

Caracteristicile tehnice ale magnetofoanelor RMS-16

Abaterea maximă a caracteristicii de frecvență a canalului întreg are între 50 și 10 000 Hz — 1,5 db.

Factorul de distorsiuni de neliniaritate	2%
Dinamica	48 db
Nivelul de intrare	0 db*)
Nivelul de ieșire	+ 15 db
Nivelul zgomotelor	— 48 db
	față de nivelul de ieșire
Durata de înregistrare a unui rulou cu 1 000 m bandă	22 min.
Timpul de rebobinare	∠ 3 min.

* Nivelul zero internațional pentru electroacustică este de 0,775 V corespunzător unei puteri de 1 mW disipate pe o rezistență de 600Ω

Sistemul de comandă a întregii instalații . .	pupitru central
Alimentarea	Rețeaua de 50 Hz.
Tensiunea rețelei de alimentare	220 V.
Greutatea întregului complex	cca 400 kg.

Instalația RMS-16 conține :

1. Două mecanisme de antrenare a benzii.
2. Stelajul cu amplificatoare și redresoare.

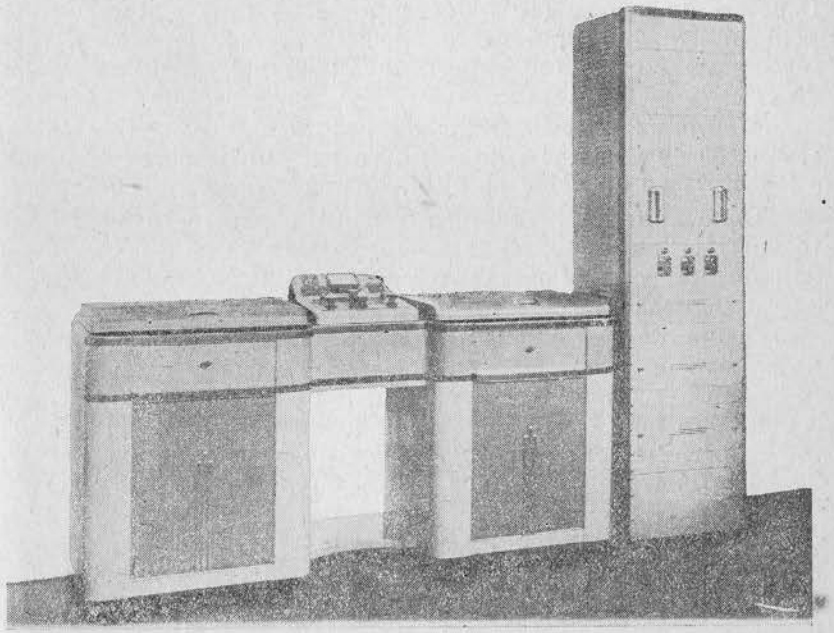


Fig. VIII-2. Magnetofonul RMS-16.

3. Pupitrul de comandă cu elementele de comutare și control.
4. Amplificatorul de putere și difuzorul de control.

Schema bloc a magnetofonului RMS-16 (fig. VIII-3)

Sistemul RMS-16 constă din două canale identice care conţin fiecare cîte un mecanism de antrenare a benzii, un bloc de 3 capete, un amplificator de înregistrare, unul de redare şi unul de linie.

Cele două linii de intrare pot fi conectate, cu ajutorul unor chei telefonice montate pe pupitrul de comandă, la regulatorul de nivel RS-104 al intrării (v. fig. VIII-1). De la reglatorul de nivel cu impedanţa caracteristică de 600 Ω modulaţia ajunge la amplificatoarele de înregistrare RM-21, ale căror intrări sînt legate în paralel. Ieşirile amplificatoarelor de înregistrare debitează pe capetele de înregistrare cu inductanţă de 7,5 mH. Capetele de redare (cu inductanţa de 55 mH) sînt conectate prin intermediul unui cablu special ecranat, la transformatoarele de intrare (cu raport de 1 : 60) ale amplificatoarelor de redare.

Ieşirile amplificatoarelor de redare sînt conectate la un atenuator de amestec (RM-39) care permite trecerea continuă a ieşirii de pe un canal pe altul.

După reglajul nivelului, semnalul pătrunde în amplificatoarele de linie RS-39 şi este apoi trimis pe una din cele două linii de ieşire de nivel mare (L_1 şi L_2). Este prevăzută şi o ieşire cu nivel mic (200 mV).

In una din poziţiile extreme ale atenuatorului de amestec RM95, canalul I debitează pe linia L_1, iar canalul II pe linia L_2; în cealaltă poziţie extremă, canalul II debitează pe linia L_1, iar canalul I pe linia L_2; trecerea pe linia principală L_1 se face treptat şi permite legarea programelor de pe cele două canale. Pe linia L_2, trecerea se face brusc, cu ajutorul unui grup de contacte.

Prin intermediul a două comutatoare montate pe pupitrul de comandă, se pot branşa linia de intrare şi liniile de ieşire, la circuitele de control (împreună cu difuzorul său) compuse din amplificatorul de ascultare RS-48M şi instrumentul de control M-41.

Diagramele de nivel ale canalelor magnetofonului RMS-16

Diagrama de nivel este un mijloc expeditiv şi util pentru determinarea regimului de funcţionare al magnetofonului.

Circuitul de intrare al magnetofonului lucrează la nivelul de 0 db — pe o rezistenţă de intrare de 600 Ω . Transformato-

rul de intrare suplimentar (VT-50), instalat în pupitrul de comandă se conectează atunci cînd este necesară mărirea impe-

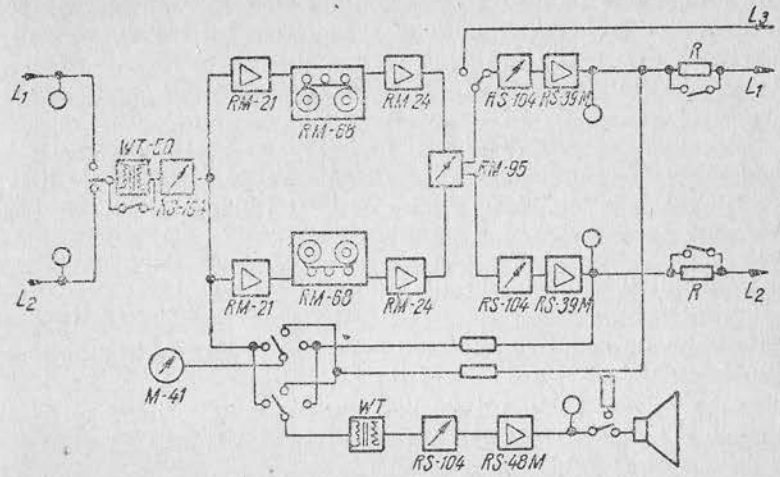


Fig. VII-13. Schema bloc a magnetofonului RMS-16.

danţei de intrare a magnetofonului pînă la 2 400 Ω, ceea ce antrenează şi necesitatea măririi nivelului de intrare la + 6 db.

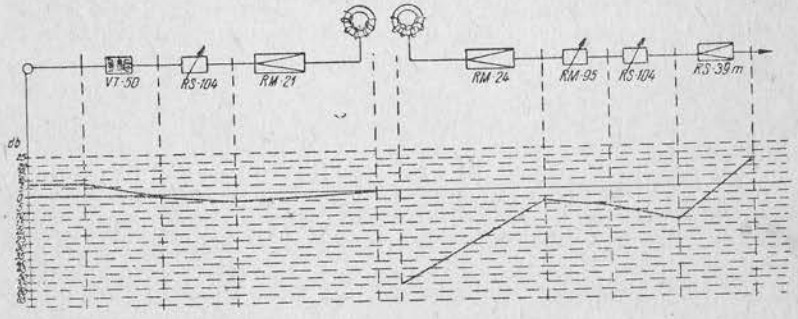


Fig. VIII-4. Diagrama de nivel la magnetofonul RMS-16.

Semnalul de intrare trece mai întîi prin atenuatorul RS-104 care permite reglajul nivelului de intrare. Modularea de 100% a benzii se obţine cu atenuatorul complet deschis şi la un nivel de 0 db (775 mV).

După atenuatorul de intrare, semnalul intră în amplificatorul de înregistrare RM-21.

Factorul de amplificare al acestui amplificator la o rezistență de sarcină de 600 Ω, este numai cu puțin mai mare decît unitatea, la o frecvență medie (de 1 000 Hz). La frecvența limită superioară a benzii (la 10 000 Hz), amplificarea crește pînă la aproximativ 20 db. Astfel se realizează corecția necesară la înregistrare.

Întrucît diagramele au fost calculate pentru frecvența medie (1 000 Hz), amplificatorul RM-21 trimite în capul de înregistrare un semnal cu un nivel de aproximativ 1 db.

Acest nivel asigură o modulație de 100% a unei benzi de tip C.

Graficul din stînga al diagramei de nivel ilustrează cele de mai sus.

Canalul de redare începe cu capul de redare al magnetofonului. La o modulație a benzii de 100%, la bornele capului de redare se obține un nivel de cca. 60 db la frecvența mijlocie a benzii (1 000 Hz). Acest nivel este trimis direct la intrarea amplificatorului de redare RM-24.

La frecvența de 1 000 Hz, factorul de amplificare al acestui amplificator este de circa 52 db. Amplificarea crește în banda frecvențelor înalte.

După amplificatorul RM-24 este conectat regulatorul de nivel (atenuatorul de amestec) RM-95.

Prin intermediul atenuatorului de amestec se pot trimite pe linia comună de ieșire simultan modulația înregistrată pe două benzi, redată fiecare pe unul din cele două magnetofoane. Nivelul ambelor benzi poate fi amestecat în proporții dorite, la diferite poziții ale atenuatorului. Cu ajutorul atenuatorului de amestec se poate realiza și trecerea continuă a programului redat pe un magnetofon, pe programul redat pe cel de-al doilea în cazul unei redări continue a unui program muzical.

Semnalul, atenuat cu 5 db în atenuatorul RM-95, ajunge la intrarea regulatorului de nivel RS-104, care se află în fiecare din canalele de redare, cu un nivel de —13 db. După atenuarea de servici de cca 8 db, cauzată de regulatorul de nivel, semnalul ajunge la intrarea amplificatorului de linie RS-39, a cărui amplificare atinge cca 36 db.

Astfel nivelul la ieșirea amplificatorului RS-39 este egal cu + 15 db, atunci cînd se redă o bandă corect înregistrată.

Graficul din dreapta al diagramelor de nivel ilustrează funcționarea canalului de redare al magnetofonului RMS-16.

Variația nivelurilor în canalul auxiliar de control nu este arătată în diagramele de nivel, deoarece nu are o valoare de primă importanță pentru funcționarea canalului principal al magnetofonului.

Canalele amplificatoare ale magnetofonului RMS-16

Unitățile amplificatoare ale magnetofonului RMS-16 și instalațiile de alimentare ale amplificatoarelor sînt montate pe un stelaj (cu excepția amplificatorului de control RS-48M).

Fiecare amplificator și redresor în parte este construit în formă de șasiu independent și ușor demontabil. După cum arată practica, o astfel de construcție corespunde cerințelor de exploatare și de funcționare a magnetofonului în radiodifuziune. În caz de defectare, fiecare șasiu poate fi scos repede din stelaj și înlocuit cu un amplificator sau redresor de același

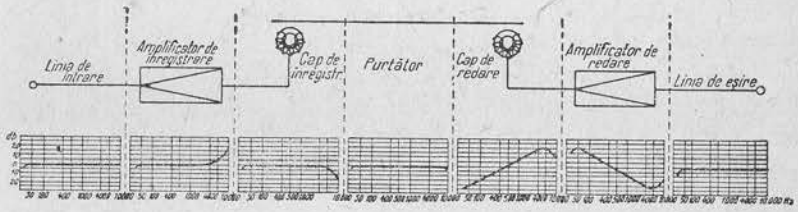


Fig. VIII-5. Caracteristicile de frecvență ale canalelor de înregistrare și redare — RMS-16.

tip, fără a fi nevoie de deslipirea conexiunilor stelajului. În afară de aceasta, la depanare, sau la controlul funcționării tuturor canalelor, fiecare șasiu poate fi scos și pus pe masa de depanaj. Alimentarea se realizează în acest caz cu ajutorul unui cordon special cu o mufă cu 12 contacte. Toate șasiurile amplificatoarelor și redresoarelor sînt ecranate cu tablă de oțel și sînt acoperite pe partea inferioară cu capace de oțel.

Toate transformatoarele circuitelor audio, în deosebi cele de nivel mic, sînt ecranate cu ecrane din materiale cu o mare permeabilitate magnetică (permalloy cu molibden sau alsifer turnat).

Curentul de ștergere, debitat de oscilatorul în contratimp, atinge valoarea de 240 mA, la frecvența de 60 kHz, iar curentul de polarizare, generat la același oscilator, poate fi reglat la valori cuprinse între 7 și 23 mA.

Pentru mărirea siguranței de funcționare a redresoarelor care alimentează amplificatoarele canalelor, filtrele de înaltă tensiune sînt echipate cu condensatoare de înaltă tensiune din hîrtie îmbibată cu ulei (de tip KBGM) și montate pe un șasiu separat.

În fig. VIII-5 sînt reprezentate caracteristicile de frecvență ale diverselor elemente ale lanțului de înregistrare-redare.

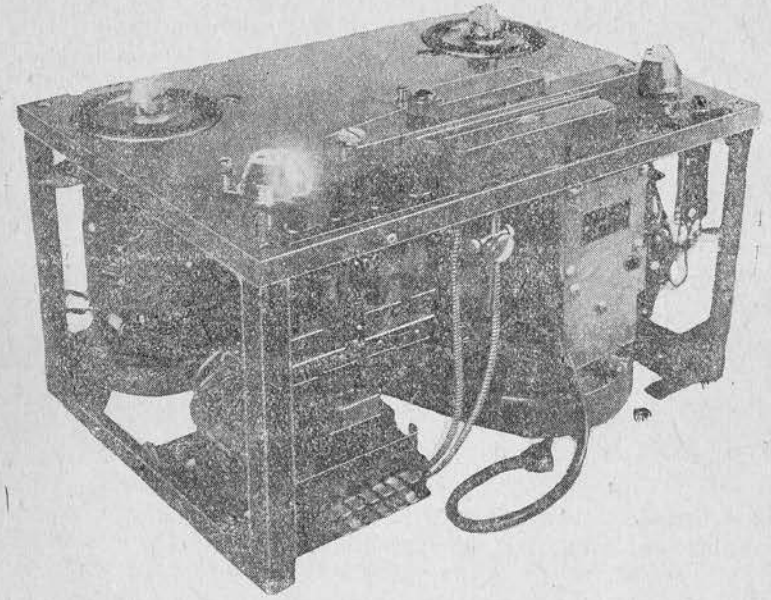


Fig. VIII-6, Agregatul RM-68:

1 — motor de antrenare ; *2* — motor de rebobinare ; *3* — bloc de capete ; *4* — role de ghidaj,

Se vede că valorile corecțiilor sînt astfel calculate încît prin compensarea cît mai îngrijită a distorsiunilor de frecvență din procesul de înregistrare-redare, să se obțină o caracteristică liniară atît pe purtător, cît și la redare.

Agregatul de antrenare al benzilor RM-68

În dispozitivul RM-68 sînt instalate 3 motoare, din care unul asincron pentru atenuarea benzii și două cu colector, pentru înfășurarea benzii.

Motorul de antrenare este cuplat direct cu bucșa de antrenare de oțel călit cu diametrul de 9,8—0,005 mm. Banda este apăsată pe bucșă de o rolă presoare acționată de un electromagnet. Pornirea motorului asincron de antrenare se face cu un condensator defazor. Motorul are un ventilator cu palete turnate care are și rolul de volant. Ventilatorul răcește motoarele cu colector prin conducte de aer.

Motoarele cu colector dintre care unul se rotește spre stînga și unul spre dreapta, sînt prevăzute cu frîne centrifugale care limitează turația la 1 300 rot/min.

Motoarele au lagăre glisante. Ungerea se face prin canale de ungere prevăzute la fiecare motor.

Motoarele se opresc prin frîne mecanice cu bandă, acționate de electromagneți. Electromagneții sînt comandați prin butoane montate pe placa șasiului. Butoanele acționează niște grupe de contacte care închid circuitele de alimentare ale electromagneților și ale motoarelor.

Toate mecanismele principale ale dispozitivului de antrenare a benzii, sînt fixate pe șasiul turnat din silumin, așezat pe o ramă de oțel.

Magnetofonul de studio tip BTR/1B.EMI

Magnetofonul EMI destinat înregistrării și redării programelor radiodifuzate conține, montate într-un dulap, dispozitivele necesare funcționării independente *a unui singur mecanism de antrenare a benzii de magnetofon.* Pe placa frontală a dulapului este montat un pupitru de comandă cu organe de control al modulației, conectate la o unitate de control, compusă dintr-un indicator de nivel și un amplificator de putere.

Dispozitivul de antrenare a benzii conține trei motoare : unul asincron pentru antrenarea benzii cu viteză constantă și două motoare asincrone pentru înfășurarea benzii. Pentru a micșora influența cîmpurilor parazite ale motoarelor asupra capului de redare, motoarele sînt montate pe fundul dulapului și cuplate, prin angrenaje flexibile și elastice, cu bucșa de antrenare și cu cele două suporturi. Frînele sînt acționate mecanic. Viteza de înfășurare a benzii poate fi variată în ambele direcții cu ajutorul unui divizor de tensiune acționat de un buton fixat pe panoul pupitrului de comandă. Magnetofonul este prevăzut de asemenea cu un dispozitiv de control al tim-

pului de înregistrare și cu o rolă stroboscopică pentru controlul vitezei de antrenare a benzii. Pentru echiparea unui studio de radiodifuziune sînt necesare două magnetofoane de acest tip.

Iată cîteva caracteristici tehnice ale acestui magnetofon :

Timpul de înregistrare : 21 min pentru un rulou de 1 000 m. Înregistrarea unui program continuu este posibilă datorită unor instalații de autodemarare și de sincronizare cu un alt magnetofon.

Viteza de deplasare a benzii :	77 cm/s.
Variația periodică a vitezei :	sub 0,1%

Reînfășurarea benzii :

Viteza de înfășurare continuu variabilă în ambele direcții. Viteza maximă de reînfășurare este de 10 ori mai mare decît viteza de deplasare a benzii. Timpul necesar pentru reînfășurarea unui rulou plin este 2 min.

Caracteristica de frecvență : cu o abatere 50—10 000 Hz de ± 2 db.

Distorsiuni de neliniaritate la 1 000 Hz la un nivel maxim de înregistrare . . .	∠ 2%
la nivelul mediu de înregistrare . . .	∠ 1%
Nivel de intrare :	0 db.
Impedanța de intrare este de . . .	1 200 Ω.
Rezistența de intrare totală a celor două magnetofoane legate în paralel este astfel de 600 Ω	
Nivel de intrare pe o sarcină de 600 Ω	0 db.
Ieșirea amplificatorului de control : pe rezistența de 2,5 Ω a difuzorului,	12 W.
Limitele dinamicii : (în banda de 50 Hz — 10 kHz) nivelul zgomotelor este cu cel puțin 55 db sub nivelul maxim al înregistrării.	
Frecvența curentului de ștergere și polarizare	75 kHz.

Amplificatorul de înregistrare ARM 2-a (fig. VIII-7)

De la linia de intrare semnalul ajunge la transformatorul de intrare Tr_1. Primul tub are sarcina în circuitul catodic. Prin

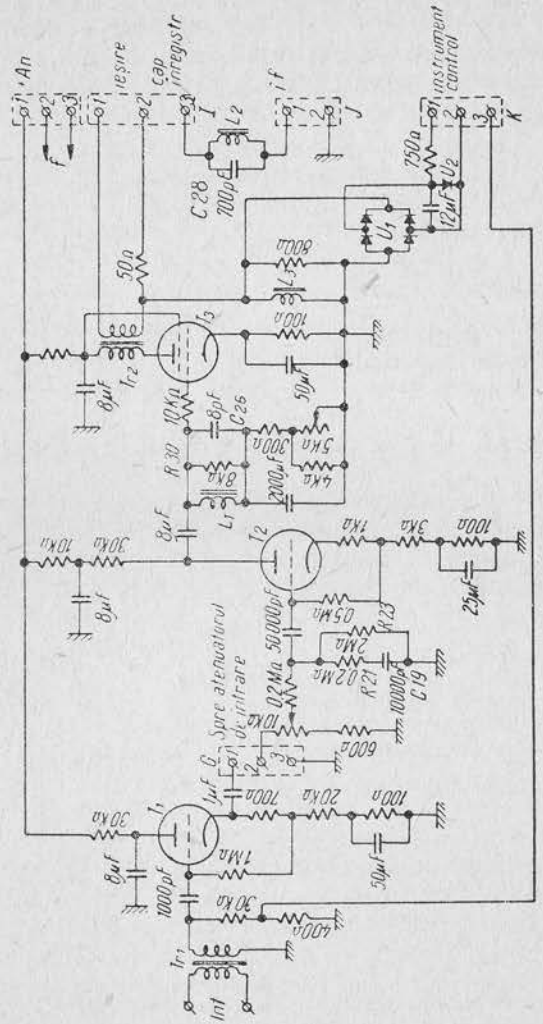


Fig. VIII-7. Schema amplificatorului de înregistrare ARM 2a.

condensatorul C 16, tensiunea poate să ajungă la regulatorul de nivel a înregistrării (de pe tabloul de comandă).

După reglajul nivelului, semnalul este amplificat în următoarele două etaje, care conțin și circuitele necesare pentru corecția curbei de răspuns. Pentru relevarea sunetelor joase se folosește un circuit compus din rezistențele R 21 și R 23 și din condensatorul C 19 montat în circuitul grilei de comandă al tubului al doilea.

Pentru relevarea sunetelor înalte se utilizează un circuit compus din L_1, R 30, și C 26 acordat la frecvența de cca 12 kHz; și montat în circuitul de grilă al etajului final.

Capul de înregistrare este conectat la bornele (1-2) ale transformatorului de ieșire Tr_2.

Circuitul format din inductanța L_2 și din capacitatea C 28 este acordat pe frecvența curentului de polarizare (75 kHz), pentru a împiedica pătrunderea acestuia în circuitele de măsurare și în circuitul de ieșire al amplificatorului de înregistrare.

Dispozitivul de măsurare este cuplat la înfășurarea secundară a transformatorului Tr_2, prin intermediul unei punți de redresare U_1.

Elementul de redresare U_2 joacă rolul unui element neliniar care asigură o caracteristică logaritmică a indicațiilor dispozitivului de măsurare. Inductanța L_3 corectează indicațiile dispozitivului de măsurare în banda frecvențelor joase.

Oscilatorul de înaltă frecvență OM 2a (fig. VIII-8)

Trioda T_1 lucrează în clasă A ca oscilator pilot și are un circuit acordat pe frecvența de 75 kHz. Tensiunea de negativare se obține prin rezistențele R_{121} și R_{122}. Tensiunea oscilatorului pilot comandă atît primul etaj separator-amplificator (al doilea tub) — de la care se ia curentul de polarizare, cît și al doilea etaj separator-amplificator (al treilea tub) de la care se ia curentul de ștergere. Amplitudinea se reglează cu potențiometrele VR 15 și VR 16.

Amplificatorul curentului de polarizare (cu tubul KT 62) are un circuit acordat în circuitul anodic. Capul de înregistrare este alimentat din înfășurarea secundară a transformatorului Tr_2. Capul de înregistrare, înfășurarea secundară a transformatorului T_{r_2} și condesatorul C 92 formează un circuit oscilant serie pentru frecvența de 75 kHz.

Rezistențele R 125 și R 126 împiedică oscilațiile parazite.

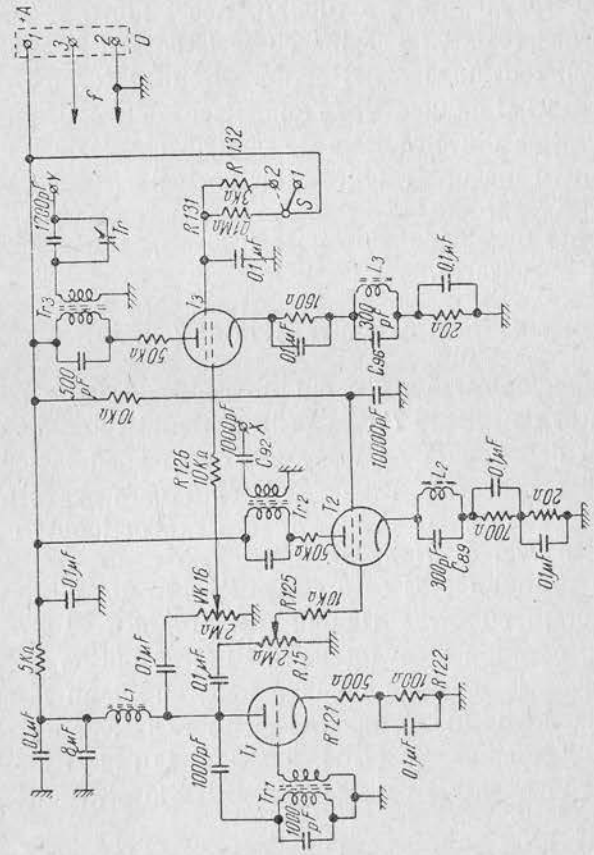


Fig VIII-8. Schema oscilatorului de înaltă frecvență OM 2a.

Circuitul oscilant format din inductanța L_2 și condensatorul C 89 amortizează armonica a doua.

Amplificatorul de ștergere (cu tubul KT 66) lucrează în mod asemănător ca amplificatorul de polarizare. Dacă se folosesc benzi obișnuite, amplificatorul lucrează cu o putere de ieșire redusă. Dacă se folosesc benzi cu forță coercitivă mare, se utilizează întreaga putere a tubului. Acest lucru se obține legînd în paralel rezistența R 131 cu rezistența R 132 și ridicînd prin aceasta, tensiunea grilei ecran. Circuitul format din condensatorul C 96 și inductorul L_3 amortizează armonica a doua.

Rezistențele din circuitele de control ale celor trei tuburi servesc pentru măsurarea curenților de înaltă frecvență (polarizare și ștergere).

Frecvența curentului de înaltă frecvență : 75 kHz (pentru ștergere și polarizare).

Amplificatorul de redare APM 2b (fig. VIII-9)

Tensiunea debitată de capul de redare ajunge printr-un transformator de intrare T_{r1} la grila primului tub EC 91. Reacția negativă dependentă de frecvență de la anod la grila acestui tub dă o caracteristică de frecvență care scade cu circa 6 db pe octavă. (Tensiunea este invers proporțională cu frecvența pînă la cca. 3 kHz).

Ieșirea primului etaj este cuplată printr-un circuit rezistență-capacitate cu grila tubului următor EC-91 ; în acest etaj are loc corecția frecvențelor înalte ; se obține o caracteristică ridicătoare începînd de la 3 kHz, cu vîrful la 12 kHz.

Corecția se obține printr-o reacție negativă, cu ajutorul unui complex compus din R 154, R 155, C 110 și C 111, C 112, R 156. Reacția negativă este reglabilă cu ajutorul potențiometrului de corecție.

După reglajul amplificării, realizat cu ajutorul potențiometrului VR 13, semnalul este amplificat în încă două etaje succesive, echipate cu tuburi de tip E 91. Etajul final este alimentat paralel, prin intermediul șocului L, și este cuplat la sarcină (difuzor) prin intermediul transformatorului de adaptare Tr2.

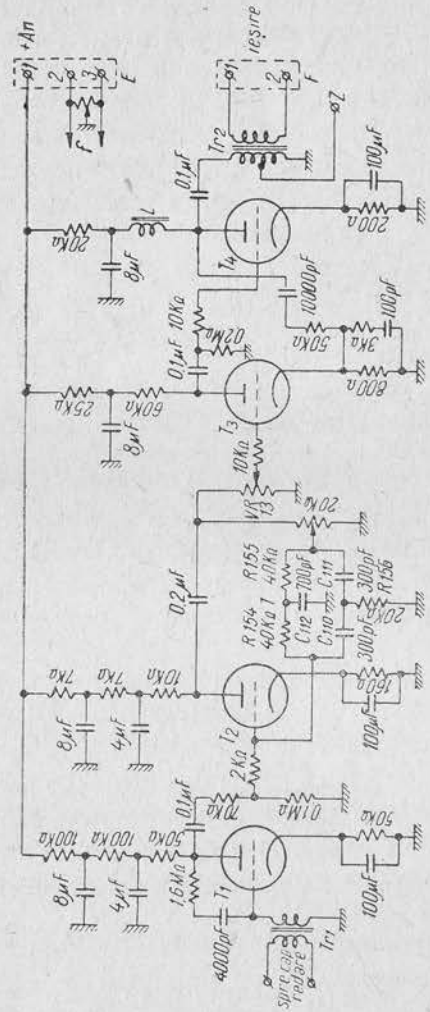


Fig. VIII-9. Schema amplificatorului de redare APM 2b.

3. MAGNETOFOANE TRANSPORTABILE

Magnetofonul de studio tip ELa 10039/02

Instalația transportabilă Philips se compune din două valize de metal din care, prima are o greutate de 60 kg și conține mecanismele de antrenare a benzii și claviatura de comandă iar a doua are o greutate de 33 kg și conține redresorul, oscilatorul și amplificatoarele de redare și înregistrare. Unitățile se leagă între ele printr-un cordon cu 10 fire prevăzut cu mufe cu contacte cuțit. Cele trei motoare sînt asincrone cu înfășurare auxiliară.

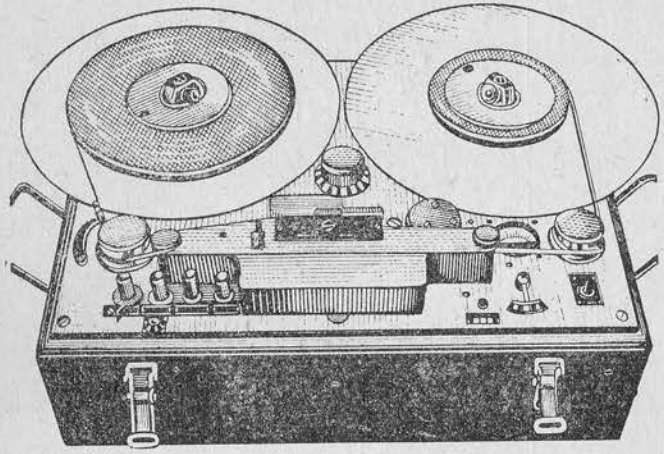


Fig. VIII-10. Agregatul cu mecanismele de antrenare a benzii

Magnetofonul nu este prevăzut cu circuitele anexe necesare unei funcționări independente. El este destinat a fi instalat în camere de regie tehnică și să folosească circuitele de control auditiv și optic cum și pupitrul de comandă al acestuia.

Cu ajutorul unui divizor de tensiune variabil, al cărui buton se găsește pe claviatura de comandă, se poate regla tensiunea aplicată motorului din stînga sau din dreapta, obținîndu-se astfel o viteză continuu variabilă la înfășurarea și la reînfășurarea benzii (comenzile „repede înainte" și „repede înapoi").

Claviatura de comandă este compusă din patru butoane, cu funcțiunile „înfășurare rapidă" „înregistrare" (asigurat cu o blocare mecanică), „redare" și „oprire". Sistemul de frînare

mecanică este acționat de claviatura de comandă prin intermediul unor cabluri „Bowden".

Un instrument de măsurare montat în dreapta blocului de capete, poate fi comutat cu ajutorul unui comutator pentru măsurarea curentului de audiofrecvență, respectiv a curentului de polarizare din capul de înregistrare și a curentului de ștergere din capul de ștergere. Pe panoul frontal al casetei cu amplificatoare sînt montate butoane pentru reglarea nivelurilor și corecției amplificatoarelor de redare și înregistrare.

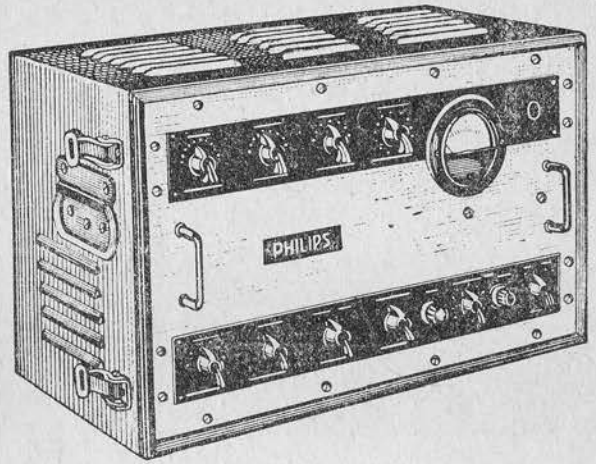


Fig. VIII-11. Caseta cu amplificatoare.

Caracteristici tehnice :

Viteza de antrenare a benzii	76,2 cm/s
Variații rapide ale vitezei benzii	max. 0,2%
Durata de înregistrare	21 min
Timpul de atingere a vitezei nominale (timp de pornire)	1 s
Viteza de înfășurare : variabilă, în ambele direcții.	
Timpul minim necesar pentru înfășurarea rapidă a unei benzi de 1 000 m	2 min

Amplificatorul de înregistrare

Curent de audiofrecvenţă (variabil) . . .	max. 4 sau 12 mA.
Curent de polarizare	pînă la 20 mA.
Frecvenţa curentului de polarizare . . .	100 kHz.
Curent de ştergere	> 160 mA.
Frecvenţa curentului de ştergere . . .	50 kHz.
Impedanţa liniei de intrare	550 Ω ± 10%
Tensiunea de intrare la 1 000 Hz pentru un curent de audiofrecvenţă de 5 mA. .	50 ÷ 730 mV
Impedanţa de intrare pentru microfon . .	10 000 Ω.
Tensiunea de intrare necesară intrării microfonului la 1 000 Hz pentru a obţine un curent de audiofrecvenţă de 5 mA . . .	> 1,5 m V.

Amplificatorul de redare

Tensiunea de ieşire	max. 4 V.
Rezistenţa de sarcină	50 Ω
Rezistenţa internă	200 Ω

Caracteristici generale

Curba de frecvenţă liniară între 30	— 15 000 Hz cu o abatere de ± 3 db.
Factorul de distorsiuni de neliniaritate . .	∠ 3%
Dinamica	> 50 db
Alimentarea de la reţea	220 V cu 50 Hz.
Consumul total	cca. 300 VA cos φ = 1.

Amplificatorul de înregistrare (fig. VIII-12)

Amplificatorul de înregistrare are două intrări. O intrare cu impedanţa de 10 000 Ω pentru conectarea unui microfon şi o intrare cu impedanţa de 600 Ω pentru linie. Primul etaj este un preamplificator de microfon cu un tub EF 40 (T5) separabil de restul amplificatorului cu ajutorul comutatorului S 6, montat pe panoul amplificatorului. Amplificarea etajului poate fi variată cu ajutorul potenţiometrului R II. În poziţia „linie". comutatorul S 6 conectează la amplificatorul de înregistrare o linie simetrică cu impedanţa de 600 Ω Potenţiometrul R IV permite reglajul curentului de audiofrecvenţă. Amplificarea poate fi variată în raportul 1 : 10, ceea ce corespunde unei tensiuni de intrare de 700—70 mV. Corecţia pentru ridicarea frecvenţelor înalte este variabilă ; gradul de corecţie necesar, în funcţie de tipul benzii folosite şi în funcţie de uzura capului se obţine, cu ajutorul regulatorului RV.

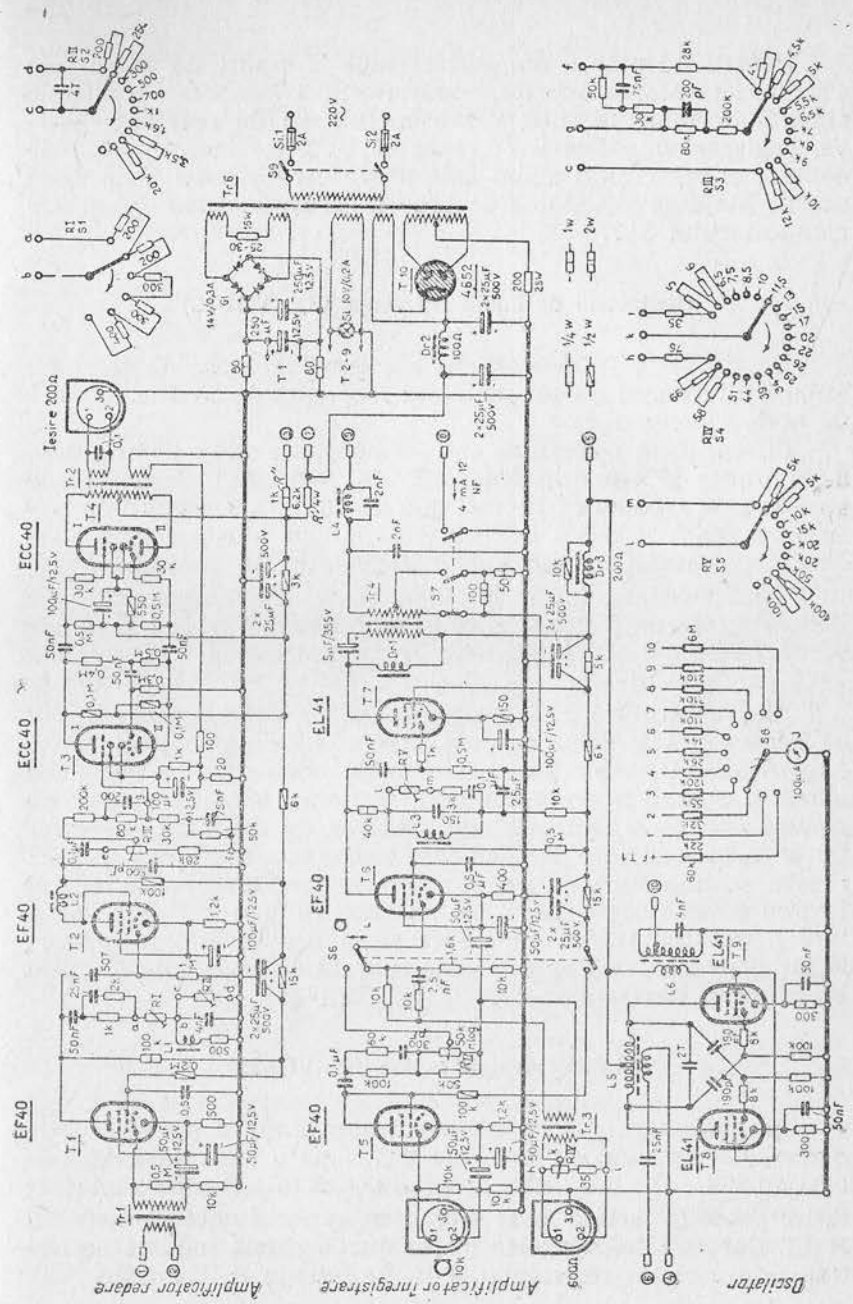


Fig. VIII-12. Schema amplificatoarelor şi a generatorului de înaltă frecvenţă ale magnetofonului ELa-10039/02.

Pentru adaptarea amplificatorului la tipuri de benzi cu sensibilitate foarte diferită, comutatorul S 7 montat în spatele amplificatorului, permite, printr-un circuit de reacție negativă, reglarea amplificării în raportul 1 : 3. Pe instrumentul de control al curentului audio sînt prevăzute în acest scop două scări : una de 4 mA și una de 12 mA, corespunzătoare pozițiilor comutatorului S 7.

Oscilatorul de înaltă frecvență (fig. VIII-12)

Un oscilator în contratimp alimentează capul de ștergere în punctul *6* cu un curent de înaltă frecvență de 50 kHz (produs de același generator).

Curentul de polarizare este armonica a doua a curentului de ștergere și are deci frecvența de 100 kHz. Curentul de ștergere nu trebuie să fie mai mic de 160 mA. Curentul de polarizare poate fi variat între 2 și 25 mA cu ajutorul unui condensator variabil montat sub instrumentul de control.

Tensiunea anodică a amplificatorului de înregistrare și a generatorului de înaltă frecvență se branșează numai la acționarea butonului „înregistrare", prin intermediul contactului 7—5 (v. fig. VIII-12).

Alimentatorul livrează curent anodic atît amplificatorului de redare, cît și celui de înregistrare. La redarea unei benzi, amplificatorul de înregistrare nu este alimentat cu tensiunea anodică, pentru a cruța tuburile. Curentul anodic debitat de alimentator este deci mai mic, căderea de tensiune pe rezistența sa internă este de asemenea mică, deci tensiunea anodică crește și, împreună cu ea, se mărește amplificarea la redare. Pentru a evita acest lucru, se înseriază în circuitul de alimentare o rezistență R', care reduce tensiunea anodică la redare ; la înregistrare, rezistența R' este șuntată de rezistența R'', prin intermediul contactelor 5-7 (v. fig. VIII-12).

Amplificatorul de redare (fig. VIII-12)

Amplificatorul de redare are patru etaje și permite obținerea unei tensiuni de ieșire de 2-5 V pe o rezistență de sarcină de 200 Ω , în funcție de tipul benzii folosite. Tensiunea de ieșire poate fi variată în 11 trepte cu ajutorul potențiometrului R III. Corecția frecvențelor înalte într-o bandă îngustă se obține prin variația rezistenței R II. Rezistența R I permite ridicarea frecvențelor medii și înalte (aproximativ de la 1 000 Hz în sus), proporțional cu frecvența. Curba de răspuns a amplificatorului poate fi variată în limite largi și poate fi adaptată la diferite tipuri de benzi.

Pentru reducerea zgomotului de sector (50 Hz) filamentele primului tub sînt alimentate în curent continuu. Dinamica amplificatorului, este mai mare de 60 db.

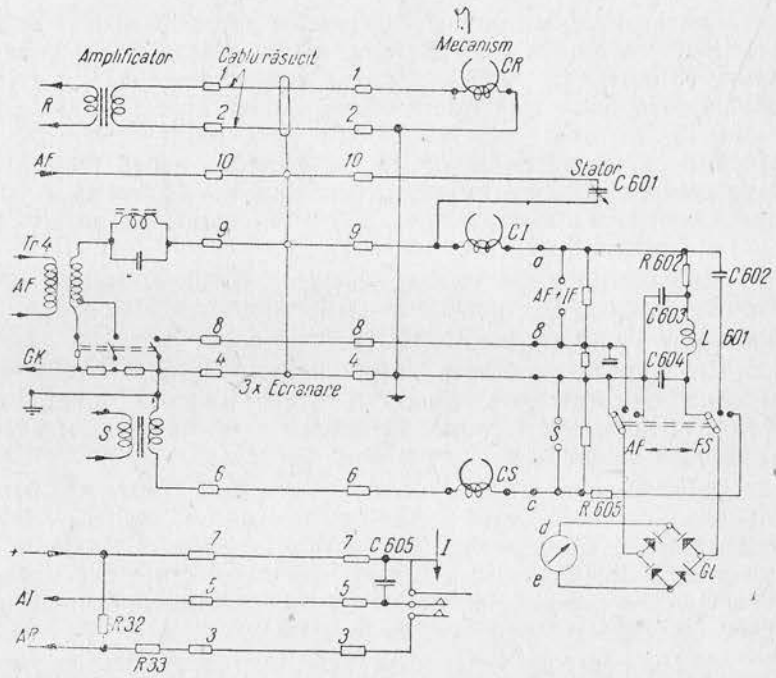


Fig. VIII-13 Schema conexiunilor dintre caseta cu mecanismele de antrenare și caseta cu amplificatoare.

Un instrument de control, montat pe placa frontală a casetei amplificatoarelor, prevăzut cu un comutator cu 11 poziții, permite în poziția *1* controlul tensiunii de filament continue a primului tub T1, în poziția *2—10* controlul curenților din circuitele de catod ale tuburilor *1* pînă la *9*, iar în poziția *11*, controlul tensiunii de pe catodul tubului redresor. La funcționarea normală a tuburilor, deviația instrumentului corespunde cu 100 diviziuni.

4. MAGNETOFOANE PORTABILE

Magnetofonul BK-411

Acest aparat este destinat să fie utilizat la înregistrări de reportaje sau ca dictafon.

Partea electrică a magnetofonului a fost descrisă în capitolul VII (v. fig. VII-26).

Aparatul are un singur motor care antrenează atît banda printr-o transmisie cu fricțiune, cît și platanele pe care se așază rulourile cu bandă, printr-o altă transmisie cu fricțiune și prin două role intermediare. Toate operațiile mecanismului de antrenare sînt comandate de o singură manetă cu ajutorul căreia se poate obține : deplasarea benzii pentru redare sau înregistrare cu viteza normală (19,05 cm/s), rebobinarea benzii cu o viteză de cca. 10 ori mai mare, înfășurarea rapidă și oprirea benzii.

Magnetofonul are un cap de înregistrare și redare și un cap de ștergere format dintr-un magnet permanent (ca cel din fig. V-3) cu cîmp alternativ.

Un dispozitiv oprește automat motorul cînd banda este aproape de sfîrșit (pe platanul din stînga au rămas numai cîteva spire), și apoi, tot automat, schimbă sensul de rotație, pentru a înfășura banda la loc pe platanul din stînga.

Polarizarea se face cu curent de înaltă frecvență, furnizat de un oscilator care lucrează cu un tub 6J5 (v. fig. VII-26). Magnetofonul descris permite înregistrarea unui program de la un microfon cu cristal, atașat aparatului (care are o oarecare ridicare a sunetelor de frecvență înaltă), cum și înregistrării de radio-recepție sau de pe linie.

Pentru controlul optic al nivelului înregistrării servește un „ochi magic", iar controlul auditiv se realizează cu ajutorul unui difuzor montat în cutia aparatului.

Magnetofonul „Revox"

Realizat pentru o viteză de 19,05 cm/s, magnetofonul are o curbă de răspuns liniară de la 50 la 12 000 Hz. Un comutator (S_1—S_9) cu trei poziții permite comutarea magnetofonului pe înregistrare sau redare cum și ascultarea în difuzor a surselor de modulație branșate la intrarea de nivel mic A_1 (microfon) (fig. VIII-14) sau nivel mare A_2 (linie exterioară sau aparat de recepție) comutarea surselor se face cu ajutorul cheii S_{10}. În

timpul înregistrării, nivelul modulației poate fi controlat cu indicatorul catodic (ochiul magic) EM 34.

Potențiometrul P_1 reglează nivelul de înregistrare sau de redare. Cu potențiometrul P_2 se reglează nivelul amplificatorului final. Potențiometrul K funcționează ca toncontrol.

Tubul EF42 lucrează ca preamplificator la înregistrare și la redare. La înregistrarea surselor de nivel mare el este scos din circuit. Corecția de frecvență se realizează prin circuitele de reacție negativă $R_1 - C_1$, $R_2 - C_2$ și $R_3 - C_3$.

Prin alegerea unei valori mici pentru condensatorul C_2 se obține o ridicare a frecvențelor înalte la înregistrare și la redare. Reactanța capacitivă a condensatorului C_1 este mare pentru frecvențele joase care ajung atenuate la rezistența R_2, obținîndu-se astfel o ridicare a frecvențelor joase.

Pentru a evita perturbațiile, circuitele nefolosite în anumite poziții ale comutatorului sînt puse la masă, (de exemplu, în pozițiile „înregistrare" și „ascultare" circuitul care pleacă de la S_1 prin S_9 la S_8). Datorită acestor precauții, se poate evita un cuplaj capacitiv la frecvențele înalte între intrarea și ieșirea preamplificatorului, prin intermediul contactelor întrerupte ale comutatorului.

Generatorul de înaltă frecvență produce oscilații cu frecvența de 40 kHz și este alimentat prin comutator cu tensiune anodică numai la înregistrare. Curentul de polarizare poate fi variat cu un condensator de 50 pF.

Pentru antrenarea și înfășurarea benzii este folosit un singur motor alimentat la rețea prin întrerupătorul S 13. S 11 este un întrerupător mic montat între bucșa de antrenare și suportul din dreapta și care se închide prin presiunea benzii, atunci cînd aceasta este întinsă. Dacă se rupe banda, sau dacă aceasta părăsește traseul normal, contactul S 11 se deschide și motorul se oprește. Dacă din anumite motive, banda formează o buclă, deci nu este bine întinsă, contactul S 11 se deschide și motorul se oprește ; pentru pornirea motorului se folosește în acest caz contactul S 12 care se apasă o secundă, timp necesar pentru pornirea motorului și întinderea benzii. Antrenarea benzii se realizează cu un presor de cauciuc.

Magnetofonul „Reportofon" (fig. VIII-15)

Magnetofonul „Reportofon" cu o greutate de 7,5 kg, este alimentat de la baterie și se utilizează în locuri unde nu există alimentare de la rețea.

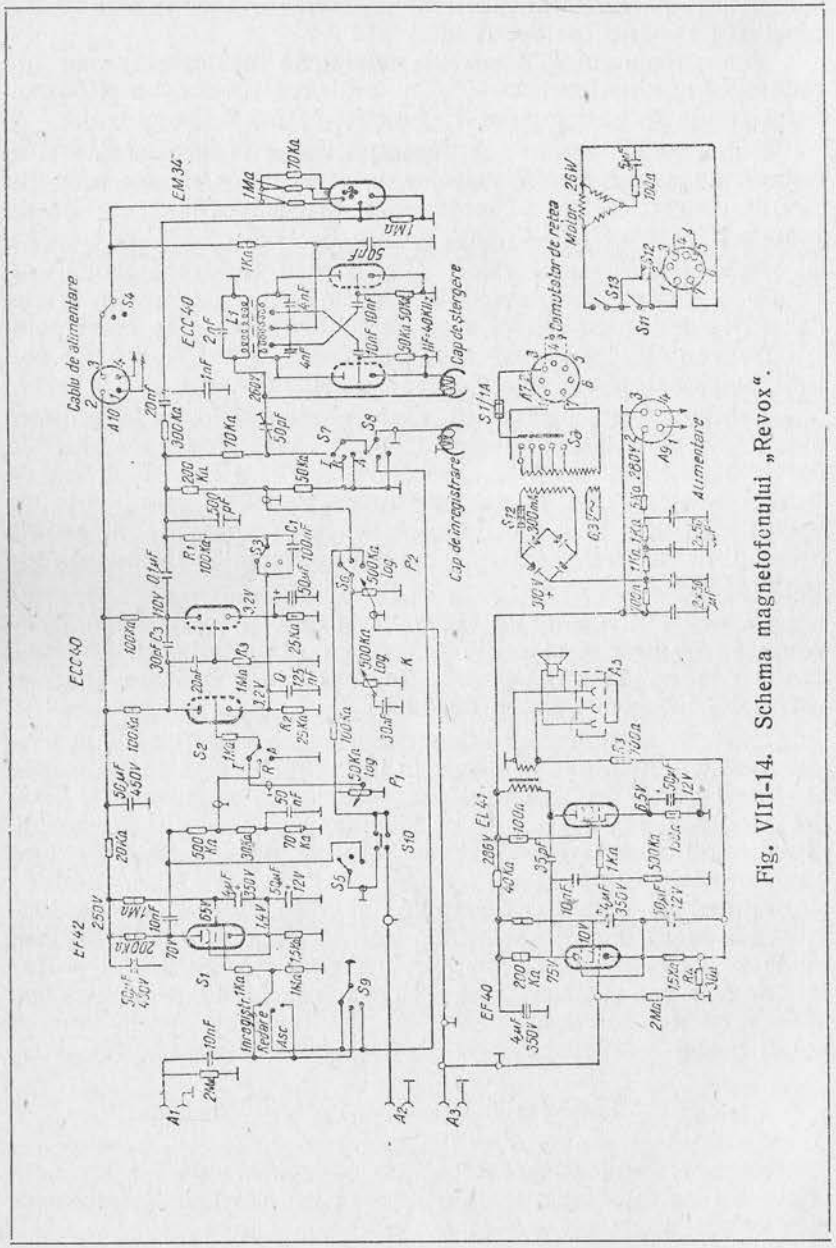


Fig. VII-14. Schema magnetofonului „Revox".

Banda este antrenată cu un mecanism cu arc, similar cu mecanismele folosite la patefoane.

Viteza de deplasare a benzii este de 19,05 cm/s. Cu ajutorul unui regulator, se poate menține viteza constantă timp de 6 minute.

După 4-5 minute, o semnalizare optică avertizează că arcul trebuie întors din nou. Durata unui rulou de bandă este de cca. 12 minute.

— Un singur cap combinat de înregistrare și redare este conectat la un amplificator format din 3 tuburi EF12. Oscilatorul alimentează capul cu un curent de polarizare cu frecvența de 54 kHz. Ștergerea nu este prevăzută. Benzile folosite trebuie demagnetizate în prealabil cu un demagnetizator.

Caracteristicile tehnice :

Caracteristica de frecvență liniară între 50 și 7 000 Hz cu o abatere de ± 2 db.

Factorul de distorsiuni de neliniaritate . .	∠ 3%
Tensiunea de intrare	1 mV
Tensiunea de ieșire	150 mV
Dinamica	60 db
Tensiunea de filamente	6,3 V
Tensiunea anodică	125 V

Microfonul este dinamic

Ascultarea se face în cască

Magnetofonul are formatul unei valize cu dimensiunile de 35 x 20 x 23 cm.

Magnetofonul Philips tip EL3530 (fig. VII-16)

Magnetofonul descris mai jos face parte din categoria aparatelor semiprofesionale portabile, avînd dimensiuni reduse (51 x 40 x 20 cm) și greutatea mică (14,5 kg). Deși viteza de deplasare a benzii este numai de 9,5 cm/s, magnetofonul prezintă performanțe excelente.

Principalele caracteristici tehnice ale aparatului sînt :

Viteza de deplasare a benzii	9,5 cm/s,
Durata de înregistrare și de redare a 180 m de bandă	2 x 30 min.
Durata de rebobinare rapidă a 180 m de bandă	3 min.
Durata de înfășurare rapidă a 180 m de bandă .	3 min.

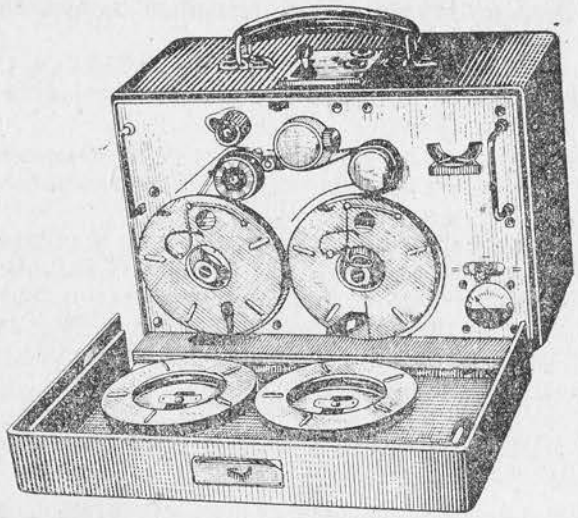


Fig. VIII-15. Magnetofonul „Reportofon".

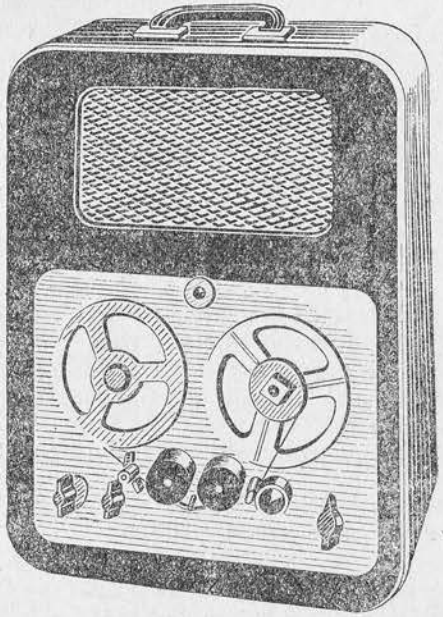


Fig. VIII-16. Magnetofonul EL 3530—Philips.

Tensiune de intrare pentru microfon	2 mV
Tensiune de intrare pentru radio sau doză de redat discuri	500 mV
Impedanța de intrare pentru microfon	500 kΩ
Impedanța de intrare pentru doză de redare	200 kΩ
Puterea de ieșire la bornele difuzorului	2.5 W
Tensiunea de ieșire la bornele liniei	1,5 V
Impedanța de ieșire la bornele difuzorului	5,5 Ω
Impedanța de ieșire la bornele liniei	200 Ω
Banda de frecvențe redate liniar	30—6 000 Hz cu o abătere de ± 3 db
Nivelul zgomotului de fond	— 40 db
Frecvența curentului de ștergere și de polarizare	cca 50 kHz
Tensiunile de alimentare 110 — 125 — 145 — 200 — 220 — 245 V	cu frecvența de 50 Hz.

Magnetofonul are formatul unei valize care conține atît sistemul mecanic pentru deplasarea benzii cît și amplificatorul de înregistrare și de redare, împreună cu difuzorul de control și cu indicatorul de nivel.

Comanda diferitelor operații pentru înregistrare și redare se realizează cu ajutorul următoarelor comutatoare :

— Un comutator pentru „înregistrare și redare". Se aranjează pe poziția respectivă, înainte de fiecare operație.

— Un comutator „radio" și „microfon + radio". In poziția „radio" se poate înregistra numai modulația primită de la un receptor de radio sau de la o doză de redat discuri ; în poziția „microfon + radio" se poate înregistra modulația primită de la un microfon, și de la un receptor de radio sau de la o doză de redat discuri.

— Un comutator pentru comanda deplasării benzii, cu 3 poziții : „oprire", „redare", și „rebobinare".

— Un comutator pentru înfășurarea rapidă a benzii.

Un regulator de volum (combinat cu întreruptorul de rețea) servește pentru reglarea atit a nivelului de redare, cît și a celui de înregistrare, după caz.

Magnetofonul este prevăzut cu două capete magnetice, dintre care unul servește pentru înregistrare și redare, iar celălalt pentru ștergere.

Descrierea părții electrice a aparatului, este dată în cap. VII iar schema electrică completă este reprezentată în fig. VIII-17.

Pentru a face posibilă o durată mai mare de înregistrare cu aceeași lungime de bandă, se utilizează înregistrarea pe două trasee adică se folosește, pe rînd, numai cîte o jumătate din lățimea benzii (v. și cap. V). După terminarea înregistrării pe unul din trasee, se schimbă locul celor două role pe care este înfășurată banda, fără a se mai rebobina banda. La redare, se procedează în mod analog.

La toate operațiile banda este antrenată cu un singur motor alimentat cu 200 sau 220 V ; transmisia are loc prin intermediul unor curele și unor role intermediare cu fricțiune. La comanda „oprire" frînarea se face pe cale mecanică.

Pentru a nu uza în mod inutil capetele, la bobinare rapidă și la rebobinare, banda se îndepărtează automat de capete cu ajutorul unor pîrghii.

Magnetofonul R F T BG-190

Magnetofonul RFT BG-190, produs în Republica Democrată Germană, este de asemenea un aparat portabil, servind pentru înregistrări de reportaje, în scopuri didactice etc.

Caracteristicile tehnice ale magnetofonului sînt :

Viteza de deplasare a benzii :	19,05 cm/s.
Durata de înregistrare și de redare pentru 500 m bandă :	2 x 45 min.
Tensiunea de alimentare :	220 V la frecvența de 50 Hz.
Putere consumată :	cca 30 W
Tensiunea de intrare	∠ 25 V
Impedanța de intrare :	cca 100 k Ω la frecvența de 1 000 Hz.
Tensiunea de ieșire :	cca 500 mV pe o rezistență de 50 k Ω
Banda de frecvențe redate liniar : . . .	60—7 000 Hz cu o abatere de ± 5 db
Nivelul zgomotului de fond :	∠ — 40 db.
Dimesiunile aparatului :	33.5 × 29,5 × 19 cm.
Greutatea :	cca 13 kgr.
Factorul de distorsiuni de neliniaritate : . .	⩽ 6%

Magnetofonul RFT BG-190 nu este prevăzut cu cap de ștergere, această operație făcîndu-se cu un electromagnet separat

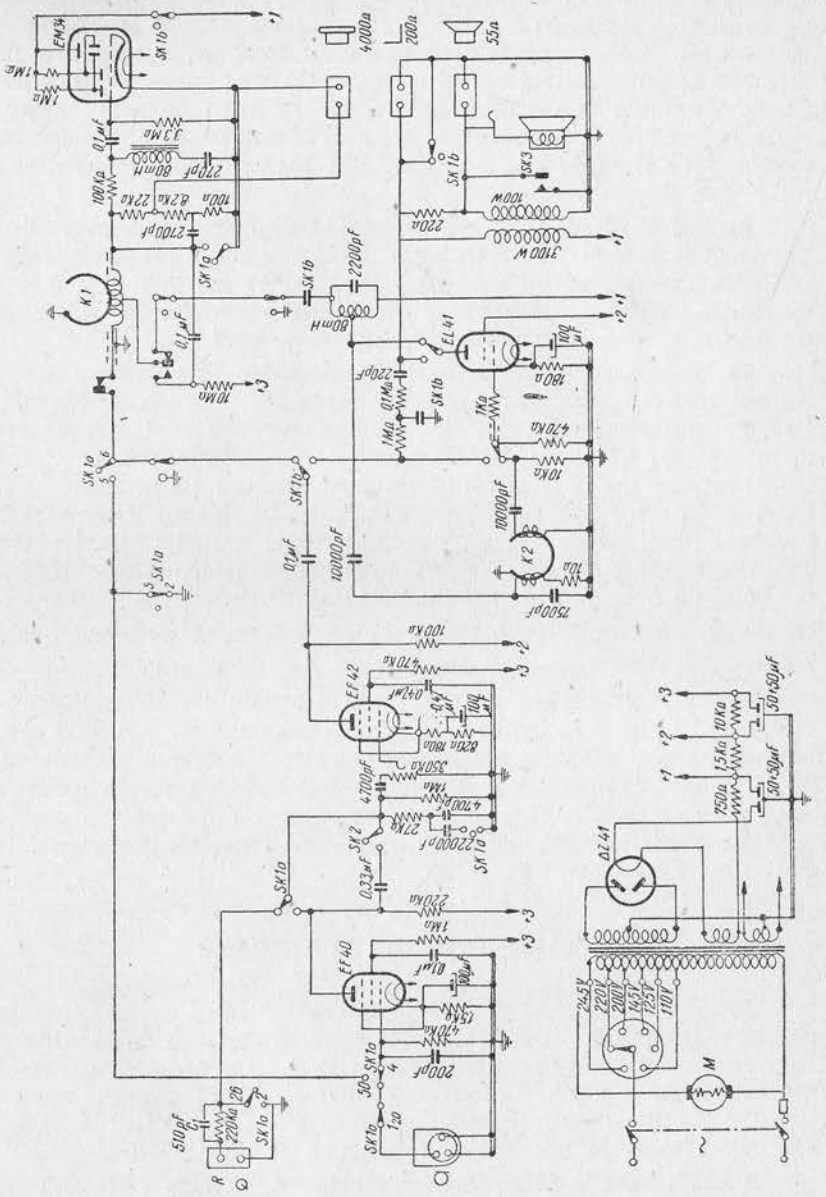


Fig. VIII-17. Schema electrică a magnetofonului Philips EL 3530.

alimentat de la rețea. Singurul cap magnetic al aparatului servește atît la înregistrare cît și la redare. Ca și la magnetofonul EL 3530, înregistrarea se face numai pe o jumătate din lățimea benzii, pentru a obține o durată mai mare de înregistrare. Comanda aparatului se execută cu trei butoane : „înregistrare-redare", „oprire", și „rebobinare". La rebobinare, banda este îndepărtată automat din fața capului, pentru a nu-l uza.

În fig. VIII-18 este reprezentată schema amplificatorului, prevăzut în total cu două tuburi EF12. Instalația nu are preamplificator de microfon, necesitînd astfel la intrare o tensiune de 20-25 V. Pentru controlul tensiunii de intrare, se utilizează un tub cu neon, montat în secundarul transformatorului.

La înregistrare, circuitele din secundarul transformatorului asigură corecția de frecvență necesară ; un circuit acordat paralel împiedică absorbirea inutilă a curentului de polarizare de către circuitele de audiofrecvență care alimentează capul. Curentul de înaltă frecvență necesar pentru polarizare este produs de unul din tuburile EF12, care în timpul înregistrării lucrează ca oscilator, cu circuitul anodic acordat. La redare, cele două înfățișări ale capului se leagă în serie și se cuplează cu grila de comandă a tubului EF12, care constituie acum primul etaj de amplificare. Corecția de frecvență este asigurată printr-o reacție negativă dependentă de frecvență.

Al doilea tub EF12 amplifică și el tensiunile de audiofrecvență, astfel încît la ieșire se obține o tensiune de cca. 500 mV. Alimentarea anodică se realizează printr-un redresor cu seleniu. Comutatoarelor K1 și K2 se închid la apăsarea butoanelor „redare-înregistrare", respectiv „rebobinare" și motorul este alimentat astfel încît să se obțină sensul de rotație cerut de operația respectivă.

5. MAGNETOFOANE ADAPTOARE

Pentru a satisface cerințele cercurilor largi de amatori de magnetofoane s-au elaborat o serie de tipuri de magnetofoane la care mecanismul de antrenare a benzii este antrenat de axul motorului unui agregat de redat discuri. Magnetofonul sovietic descris mai jos poate fi montat pe un agregat de redat discuri. Viteza de antrenare a benzii este de 19,2 cm/s.

Amplificatorul de redare și înregistrare (fig. VIII-20) cuprinde circuitele de corecție necesare și oscilatoare de înaltă

frecvență pentru polarizare și ștergere. Pentru obținerea unei audiții în difuzor, se folosește partea de amplificare de audio-

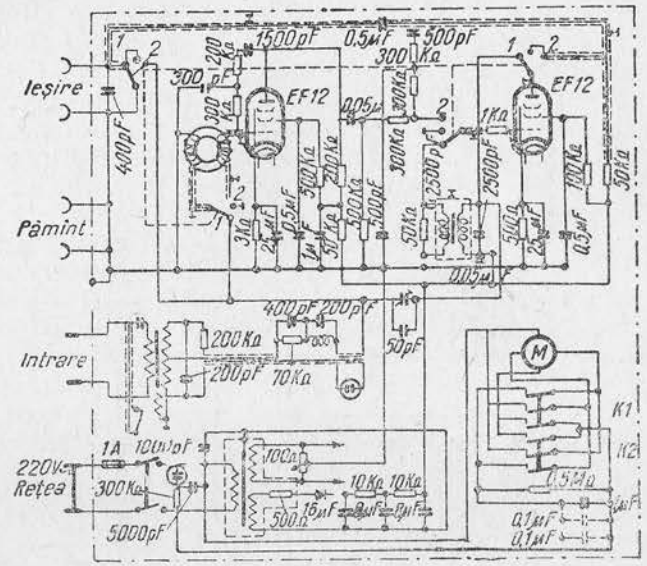


Fig. VIII-18. Schema electrică a magnetofonului RFT-BG-190.

frecvență a aparatului de recepție. Borna *E* (ieșire) se leagă la bornele respective ale receptorului.

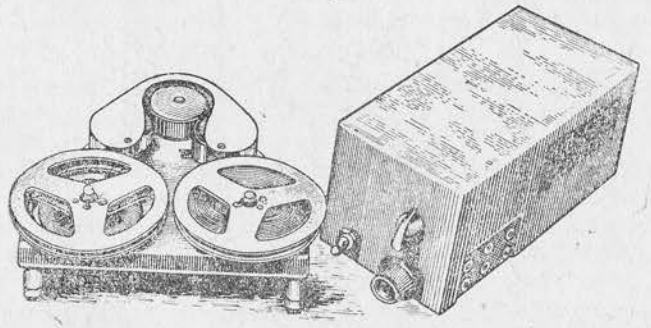


Fig. VIII-19. Mecanismul magnetofonului adaptat și amplificatorul.

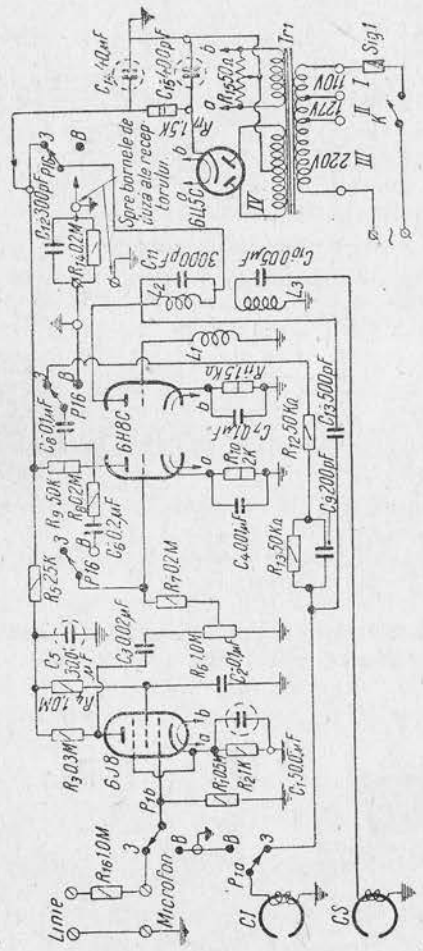


Fig. VIII-20. Schema amplificatorului magnetofonului adaptat.

Corecția frecvențelor joase la redare se obține prin reacția negativă dată de circuitul R8 C6, realizîndu-se astfel o ridicare de 12—15 db la frecvența de 70 Hz. Reacția negativă poate fi variată alegînd valoarea rezistenței R8 între 0,2—0,6 M Ω.

Corecția frecvențelor înalte la redare se realizează prin circuitul R14 C12 și prin alegerea unei valori mici pentru condensatorul C4. La înregistrare, comutatorul P 16, comută intrarea amplificatorului la bornele microfonului, sau, prin rezistența R16, la bornele unei linii cu un nivel de cîțiva volți. Ridicarea frecvențelor înalte la înregistrare se obține prin rezistența R13 șuntată de condensatorul C9. Folosind un cap cu impedanță mare, cu un întrefier de 15 μ, se obține o curbă de răspuns liniară între 70 Hz și 5 000 Hz. Oscilatorul lucrează pe o frecvență de 10—12 kHz. Curentul de polarizare are o valoare medie de 0,6—1 mA (depinde de tipul de bandă folosit). Curentul de ștergere trebuie să aibă 50 mA și este maxim la frecvența de rezonanță. Acordul se realizează prin modificarea valorii condensatorului C10.

Bobinele oscilatorului de înaltă frecvență au următoarele date :

L_1 — 500 spire cu sîrmă cu diametrul de 0,09 mm

L_2 — 200 spire cu sîrmă cu diametrul de 0,09 mm

L_3 — 80 spire cu sîrmă cu diametrul de 0,22 mm

și sînt bobinate pe o carcasă de carton cu un diametru de 13,5 mm.

Capul de ștergere, are un întrefier de 0,15—0,2 mm și o înfășurare cu 2 x 100 spire cu sîrmă de 0,25 mm, iar înfășurarea capului combinat are 2 x 1 500 spire cu sîrmă de 0,08 mm. Acest cap este construit pentru înregistrare pe două trasee.

Folosind benzi cu forță coercitivă mare, se poate obține o curbă de răspuns liniară pînă la 8 000 Hz.

Mecanismul este foarte simplu. Deplasarea benzii cu viteza constantă și derularea se face de către motorul agregatului. Șasiul triunghiular al mecanismului are într-o parte două picioare cu cauciuc, care se sprijină pe placa agregatului, iar pe partea opusă, un ax cu o rolă de cauciuc care antrenează banda. Partea inferioară a axului cu rola de cauciuc se adaptează la axul central al agregatului, astfel încît platanul acestuia are rolul volant. Dimensiunile rolei de cauciuc au fost astfel stabilite încît la turația de 78 rot/min, viteza benzii să fie de 19,05 cm/s.

Un alt magnetofon adaptabil produs de industria ungară (schema este arătată în fig. VIII-21) are un mecanism similar cu cel descris mai sus. Redarea se produce în poziția 1 a

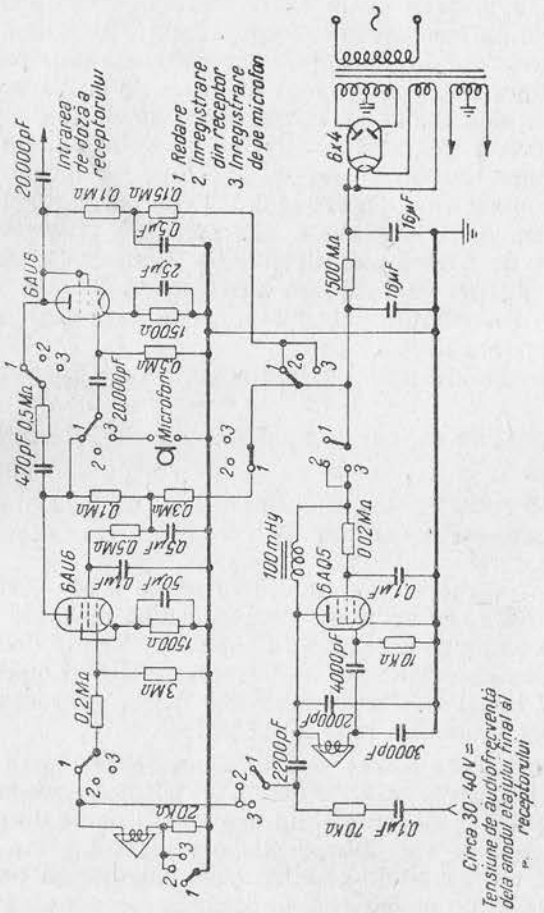


Fig. VIII-21 Schema electrică a magnetofonului adaptat la produsul de fabrică Audio.

comutatorului. În această poziție, capul de redare este cuplat cu grila de comandă a primului tub 6AU6, iar de pe rezistența de sarcină de 0,1 MΩ a acestuia, tensiunea de audiofrecvență ajunge pe grila de comandă a tubului al doilea 6AU6, legat ca triodă. Ridicarea frecvențelor joase se obține cu ajutorul unei reacții negative dependente de frecvență realizate prin legarea unei rezistențe de 0,5 MΩ și unei capacități de 470 pF între anodul celui de al doilea tub și anodul primului tub.

Ieșirea tubului al doilea este conectată la intrarea de doză a receptorului. În poziția *1* tubul oscilator nu primește tensiune anodică.

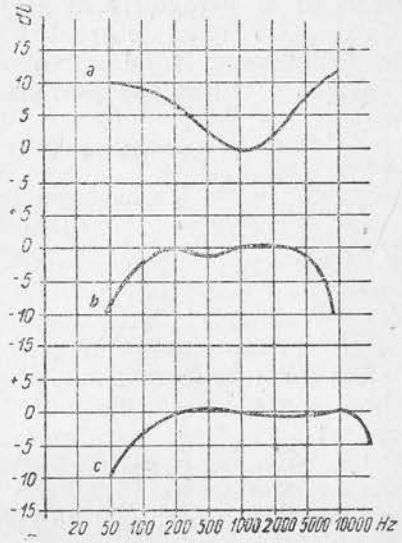


Fig. VIII-22. Caracteristica de frecvență a magnetofonului din fig. VIII–21.

Înregistrarea poate fi făcută de pe recepție, doză sau microfon. Pentru aceasta, primarul transformatorului de ieșire al receptorului se cuplează cu capul de înregistrare printr-un condensator de 0,1 μF și o rezistență de 70 kΩ. Curentul de înaltă frecvență produs de tubul oscilator 6AQ5 pătrunde în capul de înregistrare prin intermediul unui condensator de 2200 pF. Ca bobină a circuitului oscilant se folosește chiar capul de ștergere. În poziția *2* a comutatorului (înregistrare de la receptor), cele 2 tuburi 6AU6 nu sînt alimentate cu tensiune anodică. La înregistrare cu microfon (se folosește un microfon cu cristal), acesta se conectează la grila de comandă a celui de al doilea tub 6AU6. Celelalte legături rămîn neschimbate. La înregistrare cu mi-

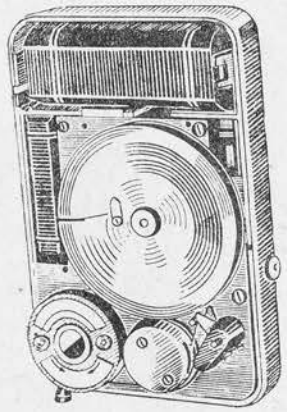


Fig. VIII-23. Minifonul.

crofon, primul tub nu este alimentat cu tensiune anodică. În fig. VII-22 este arătată caracteristica de frecvență a amplificatorului și caracteristica de frecvență a întregii instalații, pentru două tipuri de benzi (*b* — tip Remix; *c* — tip Scotch). Se poate vedea că se obține o îmbunătățire a curbei, dacă se folosește o bandă specială pentru viteze mici: Scotch 111-A.

6. MAGNETOFOANE MINIATURA

Magnetofonul miniatură „Minifon" (fig. VIII-23).

„Minifonul" are o greutate de numai 1 kg și formatul unui aparat de fotografiat, deci încape într-un buzunar de haină. Acest magnetofon este destinat reporterilor și permite înregistrări în orice împrejurare, avînd o alimentare independentă, de la baterii de format mic. Magnetofonul poate fi pus în funcțiune prin apăsarea unui buton mic, fără vreo pregătire prealabilă.

Folosidu-se sîrmă ca purtător magnetic, s-au obținut durate de înregistrare de 2,5 ore. Motorul de curent continuu are un dispozitiv centrifugal de reglare a vitezii și antrenează sîrma cu o viteză de 24 cm/s.

Magnetofonul este echipat cu un microfon cu cristal în formă de ceas brățară. Controlul modulației se face cu o cască specială.

Caracteristici tehnice

Greutate	1 kg.
Dimensiuni	3,5×11×17 cm.
Purtător	sîrmă de 0,05 mm
Viteza de deplasare	24 cm/s.
Capacitatea de înregistrare	cel mult 2,5 ore
Curba de răspuns	200 — 5 000 Hz cu abateri de ± 3 db
Tensiunea de intrare	5 mV
Tensiunea de ieșire	1,5 V
Alimentarea se face de la baterie. Are un motor cu colector, cu reglaj automat de viteză	
Alimentarea motorului	de la o baterie de 12 V.
Viața bateriei	12 ore
Alimentarea filamentelor	de la o baterie de 1,2 V.

Durata bateriei	30 ore
Alimentarea anodică	de la o baterie de 60 V
Durata bateriei	120 ore

Amplificatorul (fig. VIII-24) este construit cu piese miniatură (tuburi, rezistențe, transformatoare etc,).

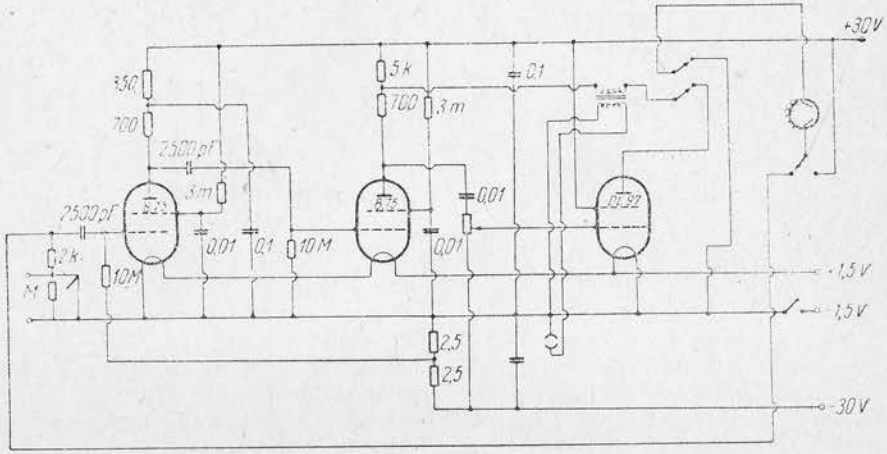


Fig. VIII-24. Schema amplificatorului magnetofonului „Minifon"

7. MAGNETOFOANE SINCRONIZATE

Magnetofoanele sincronizate folosite în cinematografie sînt prevăzute cu mecanisme speciale care permit antrenarea benzii sincron cu antrenarea peliculei cinematografice.

Benzile folosite la magnetofoanele sincronizate au marginile perforate ca și pelicula și au o lățime de 35 mm, ceea ce permite înregistrarea mai multor trasee. Viteza de antrenare a benzii este de 456 mm/s.

În fig. VIII-25 este arătat schematic sistemul de antrenare a benzii la magnetofonul MZK1, construit de studioul „Mosfilm". Pentru a ajunge în fața blocului de capete banda se desfășoară de pe ruloul *1*, trece în fața rolei de ghidare *2*, apoi pe un tambur cu roți dințate, rola de întindere *4*, rola cu volant *5*, tamburii netezi *(6)* ai regulatoarelor hidraulice de viteză, blocul de capete *7*, și parcurge în drumul său spre ruloul colector din dreapta, un sistem de role identic cu cel parcurs în drumul spre blocul de capete.

Curba de răspuns a magnetofonului este liniară în intervalul 70 Hz—7 000 Hz cu abateri de ± 2 db. Distorsiunile de neliniaritate sînt mai mici de 2%.

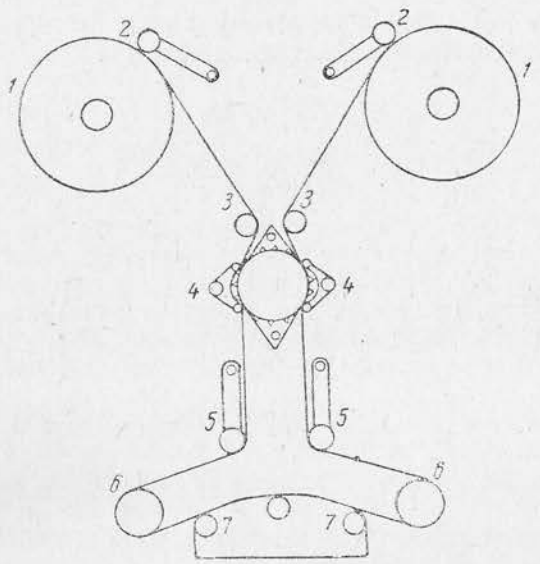


Fig. VIII-25. Sistemul de antrenare a benzii la magnetofonul MZK 1

Nivelul de intrare este — 10 db și cel de ieșire + 6 db pe o sarcină de 500 Ω.

Schemele și caracteristicile amplificatorului de redare — UVM — și a celui de înregistrare — UZM — sînt reprezentate în fig. VII-9 și VII-20.

CAPITOLUL IX

MĂSURAREA DIVERSELOR CARACTERISTICI ALE MAGNETOFOANELOR ȘI ALE BENZILOR

MĂSURAREA CARACTERISTICILOR MAGNETOFOANELOR

1. INTRODUCERE

Măsurările electrice și mecanice sînt necesare atît pentru stabilirea performanțelor unei instalații de înregistrare și redare magnetică, cît și pentru controlul periodic al acestor performanțe.

Metodele de măsurare descrise mai jos, sînt aplicabile la oricare tip de instalație de înregistrare magnetică, însă *curbele și valorile date se referă la magnetofoanele de calitate folosite în instalațiile studiourilor de radiodifuziune.*

Una din cele mai importante măsurări este stabilirea formei caracteristicii de frecvență a magnetofonului.

Distribuția și valoarea corecțiilor de frecvență necesare pentru obținerea unei tensiuni constante la diferite frecvențe la ieșirea amplificatorului de redare poate fi deosebită la diferitele tipuri de magnetofoane. Ea depinde de viteza de deplasare, de proprietățile purtătorului magnetic utilizat, de proprietățile capetelor și de alți factori.

Din cauza acestor deosebiri, magnetofoanele folosite în studiourile de radiodifuziune sînt prevăzute cu circuite de corecție reglabile care permit obținerea unei caracteristici de frecvență a amplificatorului de înregistrare și a celui de redare, în conformitate cu normele stabilite pentru schimbul internațional de programe înregistrate pe benzi de magnetofon. O astfel de normare trebuie să țină seama de faptul că înregistrarea și

redarea programelor se face pe instalații diferite ; rezultatul urmărit este ca înregistrările efectuate pe orice magnetofon să fie redate pe orice magnetofon, cu același rezultat.

La magnetofoanele profesionale și mai ales la acelea folosite în instalațiile studiourilor de radiodifuziune, circuitele de corectare a caracteristicii de frecvență sînt montate în amplificatoarele de redare și de înregistrare, presupunîndu-se că celelalte elemente ale canalului electroacustic folosit (microfoane, difuzoare, amplificatoare de tensiune și putere) au o caracteristică de frecvență liniară.

La unele tipuri de magnetofoane portabile și de amatori părțile auxiliare sînt prevăzute și ele cu circuite de corecție, cum este de exemplu controlul de ton reglabil, la amplificatorul difuzorului. În alte cazuri, curba caracteristică de frecvență a amplificatorului de înregistrare este corectată ținînd seamă de o caracteristică de frecvență neliniară a microfonului care face parte din echipamentul magnetofonului respectiv (de exemplu la „Philips Junior"). În aceste cazuri măsurarea se face ținînd seama de indicațiile fabricii.

După cum s-a mai arătat, nivelul de intrare și ieșire în canalele electroacustice au fost stabilite la 1,55 V/+6 db față de nivelul standard de 0,775 mV/0db care este considerat ca nivel de referință. Instalațiile de înregistrare magnetică a sunetului folosite în canalele electroacustice vor trebui deci reglate pentru acest nivel.

2. BANDA DE REFERINȚA

Pentru a putea compara performanțele diferitelor instalații se folosește o bandă pregătită în mod special, denumită bandă de referință. Aceasta este o bandă de tip obișnuit (de exemplu, o bandă tip C) înregistrată după anumite norme convenționale stabilite și care servește pentru uniformizarea performanțelor electroacustice ale tuturor instalațiilor de magnetofoane din studiourile de radiofuziune.

Uniformizarea se referă la :

— reglarea corectă a întrefierurilor capetelor

— nivelul de înregistrare și de redare

— caracteristica de frecvență a înregistrării și a redării.

Banda de referință conține :

a) o porțiune înregistrată cu un semnal de 10 000 Hz, cu un cap al cărui întrefier este perpendicular pe direcția de deplasare a benzii, durata înregistrării fiind de circa 60 s. Înainte și după această porțiune este înregistrat același semnal cu un cap al cărui unghi de înclinare diferă cu plus, respectiv cu minus 15 minute față de poziția corectă a întrefierului. Această parte a benzii etalon servește la reglarea poziției întrefierului capului de redare.

b) o porțiune înregistrată cu un semnal de 1 000 Hz, cu nivelul maxim nedistorsionat. Nivelul maxim pentru tipul de bandă dat se alege astfel încît în urma înregistrării efectuate cu un semnal de 1 000 Hz să rezulte un factor de distorsiuni de neliniaritate mai mic de 3%. Această porțiune servește la reglarea nivelurilor canalului de redare și înregistrare.

c) o porțiune înregistrată cu semnale de diferite frecvențe: 30, 40, 60, 125, 250, 500, 1 000, 2 000, 4 000, 6 000, 8 000, 10 000, 12 000, 15 000 Hz, fiecare avînd o durată de circa 30 s și un nivel de — 20 db față de nivelul maxim.

În figura IX-1 este redată variația amplitudinii inducției remanente magnetice pentru diferite frecvențe a benzii etalon.

Această parte a benzii etalon servește la corectarea caracteristicii de frecvență a canalelor de redare și înregistrare.

3. REGLAREA POZIȚIEI INTREFIERULUI

Poziția întrefierului capului de redare și înregistrare și corecția celorlalte elemente din canalul electroacustic al magnetofonului se reglează după ce în prealabil, ca măsură de precauție, a fost verificat traseul benzii, aderența benzii pe capete (îndepărtînd eventualele impurități de pe suprafața lor) și *după ce au fost demagnetizate capetele* și părțile feroase de pe traseul benzii.

Pentru obținerea unei așezări corecte a capului de redare se procedează în felul următor :

a) Se redă partea mijlocie a semnalului de 10 000 Hz de pe banda de referință și se modifică înclinarea capului de redare, cu ajutorul unor șuruburi de reglaj prevăzute în acest scop, pînă ce se obține o tensiune maximă la ieșirea amplificatorului de redare.

b) Pentru a verifica dacă operația s-a executat corect, se redă întreaga porțiune a benzii, înregistrată cu o frecvență de 10 000 Hz. Dacă poziția întrefierului este corectă, la ieșirea amplificatorului de redare se obține o tensiune maximă, precedată, respectiv urmată, de o tensiune care diferă cu — 2 db față de tensiunea maximă.

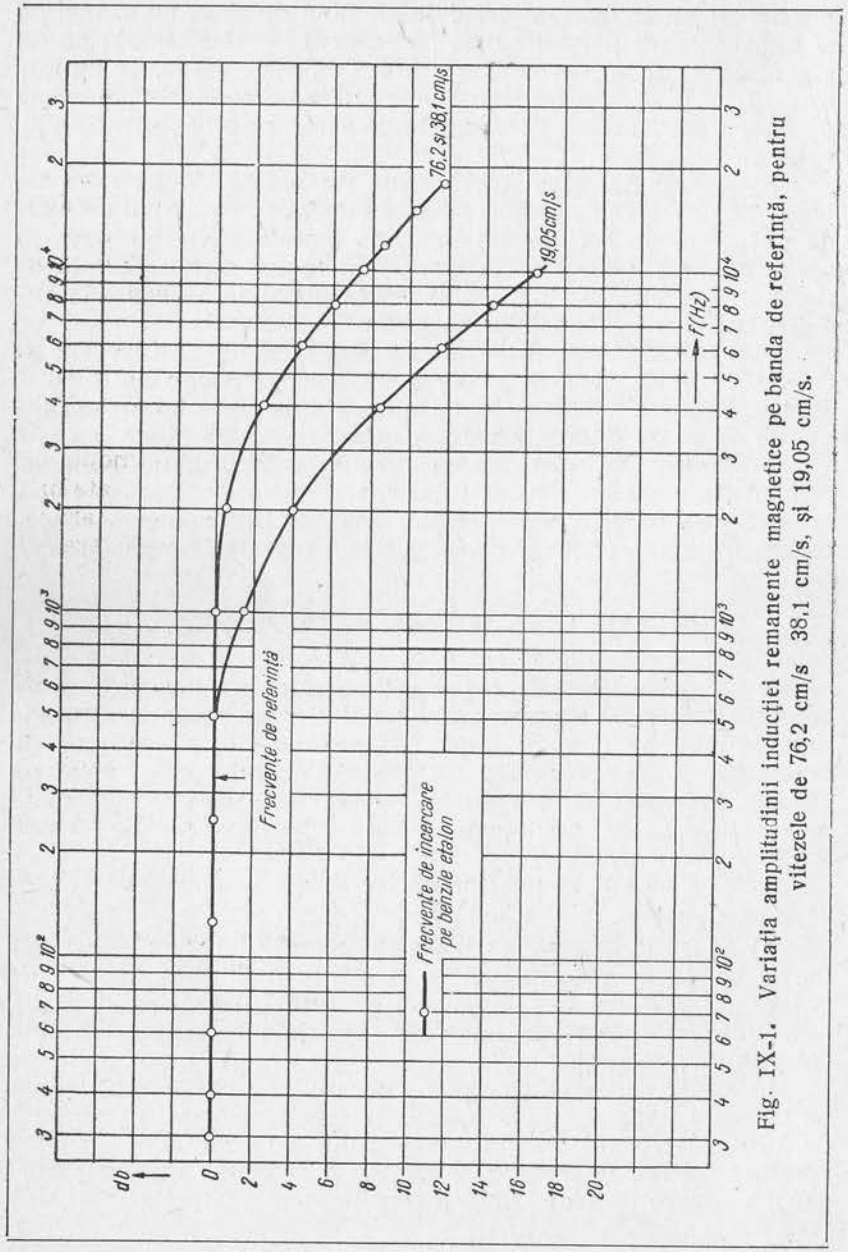


Fig. IX-1. Variația amplitudinii inducției remanente magnetice pe banda de referință, pentru vitezele de 76,2 cm/s 38,1 cm/s, și 19,05 cm/s.

Poziția întrefierului capului de redare trebuie să fie precis reglată. La magnetofoane la care viteza de deplasare a benzii este de 76,2 cm/s la frecvența de 10 000 Hz atenuarea este infinită, dacă întrefierul face un unghi de 41° 6' față de semnalul înregistrat. La magnetofoanele la care viteza este de 9,5 cm/s rezultă aceeași atenuare la un unghi de numai 5° 2', după cum se vede în tabela alăturată.

Tabela IX-1

Atenuarea tensiunii de redare datorită înclinării întrefierului

$\frac{E*)}{E_0}$	Atenuarea tensiunii în db	Lățimea benzii înregistrate, mm	Deviația unghiului în minute pentru o frecvență de înregistrare de 10kHz				
			v=76 2; cm/s	v=45,6; cm/s	v=38,1; cm/s	v=19,05; cm/s	v=9,53; cm/s
0,9	1	6,25	10,3	6,4	5,2	2.6	1,3
		2,5	25,8	15,5	12,9	6,5	3,2
0,8	2	6,25	15,0	9,0	7,5	3,8	1,9
		2,5	37,8	22,6	18,9	9,45	4,7
0,5	6	6,25	25,2	15,1	12,6	6,3	3,2
		2,5	63,2	38,0	31,6	15,8	7,9
0	8	6,25	41,6	24,9	20,8	10,4	5,2
		2,5	104,8	62,3	52,4	26,2	13,1

*) E_0 este tensiunea obținută la o poziție corectă a întrefierului iar E — cea obținută cu un întrefier înclinat.

După ce capul de redare a fost fixat în poziția corectă urmează reglarea poziției corecte a capului de înregistrare. În acest scop, se înregistrează pe o bandă un semnal cu o frecvență de 10 000 Hz și se modifică înclinarea capului de înregistrare cu ajutorul dispozitivelor de reglare, pînă ce se obține o tensiune maximă la ieșirea amplificatorului de redare.

4. MASURAREA NIVELULUI DE IEȘIRE ȘI A TENSIUNII PERTURBATOARE DIN CANALUL DE REDARE

Pentru stabilirea nivelului de ieșire din canalul de redare se folosește un circuit ca cel reprezentat în fig. IX-2.

Pentru măsurarea tensiunii de ieșire, se redă porțiunea benzii de referință înregistrată cu un semnal de 1 000 Hz cu nivel maxim. Regulatorul de nivel al amplificatorului de redare se reglează pînă se obține indicația de 1,55 V (pe rezistența de sarcină

nominală) la voltmetrul electronic conectat la ieșirea amplificatorului.

Tensiunea perturbatoare din canalul de redare poate proveni de la zgomotul propriu al amplificatorului de redare sau de la cîmpurile parazite culese de capul de redare.

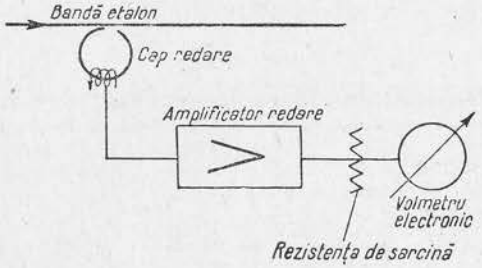


Fig. IX-2. Circuit pentru măsurarea canalului de redare.

Pentru determinarea zgomotului propriu al amplificatorului de redare conectăm în locul capului de redare o rezistență echivalentă cu impedanța capului. Tensiunea măsurată la ieșirea amplificatorului, raportată la tensiunea obținută la redarea benzii de referință, ne dă în db valoarea tensiunii perturbatoare a amplificatorului.

Măsurarea tensiunii perturbatoare a întregului canal de redare trebuie efectuată în condiții normale de funcționare a instalației, capul de redare fiind conectat, banda antrenată, iar traseul ei astfel modificat încît aceasta să nu adere de capul de redare (în acest fel, motorul de antrenare funcționează cu sarcină normală, dar semnalele de pe bandă nu contribuie la tensiunea măsurată).

Măsurarea se face folosind un circuit ca cel reprezentat în fig. IX-2.

La instalațiile de calitate, tensiunea perturbatoare trebuie să fie mai mică de 50 db.

5. RIDICAREA CARACTERISTICII DE FRECVENȚA A CANALULUI DE REDARE

Pentru a ridica caracteristica de frecvență a redării se folosește banda de referință.

Caracteristica de frecvență a redării, adică a ansamblului cap-amplificator de redare, se reglează redînd porțiunea de

bandă de referință înregistrată cu semnale de diferite frecvențe și reglînd corecțiile, astfel încît la ieșire să se obțină o tensiune constantă în întreaga bandă de frecvențe.

Putem regla caracteristica de frecvență a amplificatorului de redare fără ajutorul unei benzi de referință, folosind un circuit echivalent ca cel arătat în fig. IX-3.

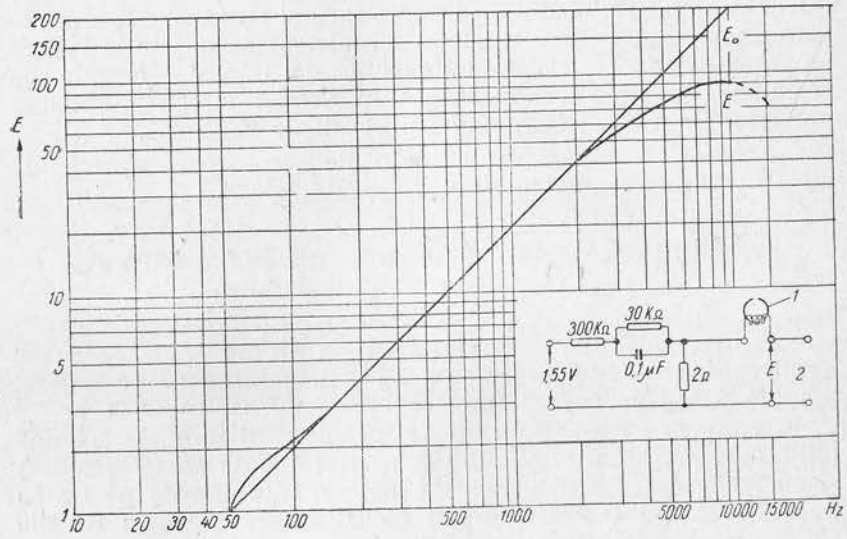


Fig. IX-3. Măsurarea caracteristicii amplificatorului de redare:
a — circuit de măsurare pentru ridicarea caracteristicii de frecvență a amplificatorului de redare; *1* — capul de redare; *2*—spre amplificatorul de redare.

Tensiunea E_0 culeasă la bornele rezistenței de 2 Ω crește (pînă la o anumită frecvență) proporțional cu creșterea frecvenței (6 db pe octavă) apoi se abate de la această lege căpătînd valori, care depind de frecvență în același mod, în care depinde și f.e.m. indusă în cap de fluxul remanent de pe banda de referință. Tensiunea la ieșirea amplificatorului de redare trebuie să fie constantă în întreaga bandă de frecvențe redate.

Această metodă de măsurare este folositoare la depanarea amplificatoarelor de redare, fiind independentă de erorile introduse de uzura capetelor sau de ghidarea defectuoasă a benzii. Ea servește ca metodă comparativă pentru determinarea acestor erori.

6. REGLAJUL AMPLIFICĂRII CANALULUI DE ÎNREGISTRARE

Nivelul maxim de înregistrare se determină după cum urmează :

Nivelul de ieşire al amplificatorului de redare fiind reglat, se aplică un semnal de 1,55 V cu o frecvenţă de 1 000 Hz la intrarea amplificatorului de înregistrare şi se reglează amplificarea pînă cînd redînd semnalul înregistrat se obţine la ieşirea amplificatorului de redare o tensiune de 1,55 V. Aceasta corespunde cu tensiunea măsurată în acelaşi punct la redarea porţiunii cu modulaţie maximă a benzii de referinţă.

Această măsurare presupune o alegere corectă a curentului de polarizare, pentru tipul de bandă folosit.

7. RIDICAREA CARACTERISTICII DE FRECVENŢA A CANALULUI DE ÎNREGISTRARE

Pentru ridicarea caracteristicii de frecvenţă a canalului de înregistrare se foloseşte întregul lanţ de înregistrare-redare, amplificatorul de redare fiind reglat.

Se aplică amplificatorului de înregistrare semnale cu amplitudine constantă (cu 20 db sub nivelul maxim nedistorsionat) şi cu frecvenţe diferite, identice cu cele înregistrate pe banda de referinţă. O bandă înregistrată cu aceste semnale trebuie să dea o caracteristică liniară la redare. Abaterile pentru instalaţiile admise sînt de ± 2 db, în banda de frecvenţe 50 Hz — 10 000 Hz. La abateri mai mari, caracteristica de frecvenţă a amplificatorului de înregistrare se modifică cu ajutorul circuitelor de corecţie reglabile prevăzute în acest scop.

8. MĂSURAREA CURENŢILOR DE AUDIOFRECVENŢA, DE POLARIZARE ŞI DE ŞTERGERE

Pentru măsurarea curenţilor de joasă şi înaltă frecvenţă care circulă în capetele de înregistrare şi de ştergere, unele magnetofoane sînt prevăzute cu circuite de măsurare, ca de exemplu cel arătat în fig. IX-4, circuite care permit o orientare rapidă asupra funcţionării normale a amplificatorului de înregistrare şi a oscilatorului de înaltă frecvenţă. Prin comutarea circuitului de măsurare, putem măsura curenţii de audiofrecvenţă de polarizare şi de ştergere. Circuitul curentului de

ştergere se închide prin R_1, cel de polarizare prin R_2, iar cel de audiofrecvenţă prin R_3. Instrumentul măsoară prin comutare căderile de tensiune pe aceste rezistenţe. Pentru ca curentul de polarizare să nu introducă erori la măsurarea curentului de audiofrecvenţă, rezistenţa R_3 este şuntată de condensatorul C (100-200 pF).

La magnetofoanele care nu sînt prevăzute cu astfel de circuite de măsurare, curenţii capetelor de înregistrare şi ştergere pot fi măsuraţi prin înscrierea unor circuite de măsurare exterioare.

Pentru măsurarea curentului de audiofrecvenţă se poate folosi circuitul de măsurare reprezentat în fig. IX-5, cu care poate fi ridicată caracteristica de frecvenţă a semnalelor de audiofrecvenţă din capul de înregistrare. Filtrul de înaltă frecvenţă are ca scop să elimine influenţa înaltei frecvenţe asupra circuitului de măsurare.

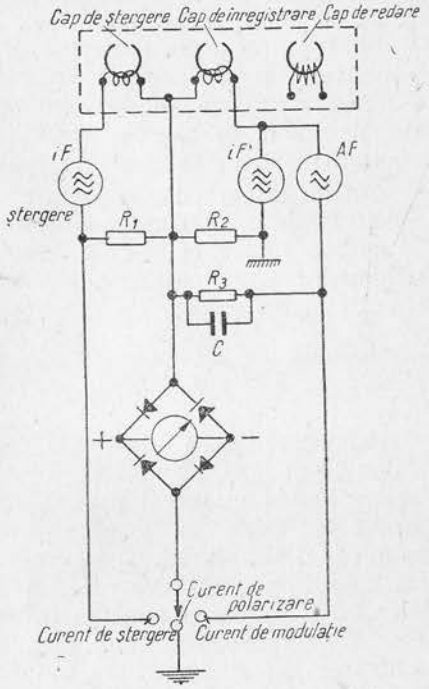


Fig. IX-4. Circuit pentru măsurarea curenţilor din capete.

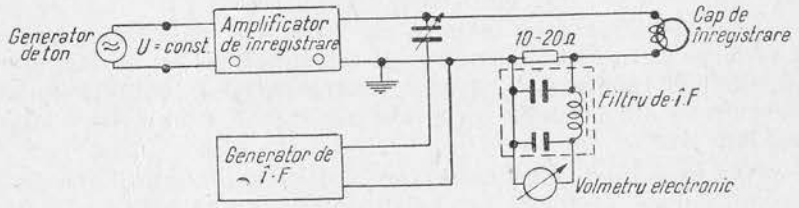


Fig. IX-5. Circuit pentru măsurarea curentului de audiofrecvenţă din capul de înregistrare.

La măsurarea curentului de polarizare, în locul filtrului de înaltă frecvență se intercalează în serie cu instrumentul un condensator de 100—200 pF.

Pentru măsurarea curentului de ștergere se folosește un circuit ca cel reprezentat în fig. IX-6.

Pentru măsurarea curenților care circulă prin capul de înregistrare și ștergere se folosesc deseori cutii intermediare de măsurare, care se conectează între mufa blocului de capete și blocul de capete, obținîndu-se astfel conexiuni rigide și scurte care evită erori de măsurare.

Cutiile intermediare permit o măsurare mai precisă și în același timp o măsurare comparativă a tuturor instalațiilor, întrucît se folosește același instrument pentru toate măsurile. Echipamentul magnetofoanelor RMS-16 este prevăzut cu astfel de cutii intermediare de măsurare (fig. IX-7).

9. MĂSURAREA DINAMICII

Raportul dintre tensiunea măsurată la ieșirea amplificatorului de redare, la redarea unui semnal de 1 000 Hz înregistrat pe bandă cu nivel maxim nedistorsionat și tensiunea de zgomot la ieșire, în lipsa semnalului util, poartă numele de dinamică a instalației. După cum s-a arătat în capitolul III, este bine să se măsoare tensiunea de zgomot prin intermediul unui filtru cu caracteristica urechii ; bineînțeles, la indicarea cifrei care reprezintă dinamica, trebuie să se precizeze dacă măsurarea s-a executat cu sau fără filtru.

10. MĂSURAREA DISTORSIUNILOR DE NELINIARITATE

La măsurarea distorsiunilor de neliniaritate se poate folosi un circuit ca cel reprezentat în fig. IX-8.

Se înregistrează un semnal de 1 000 Hz, cu nivel maxim. La redarea benzii se măsoară întîi tensiunea la ieșirea amplificatorului de redare (U_1) și apoi tensiunea (U_2) obținută după intercalarea unui filtru care lasă să treacă numai frecvența de 3 000 Hz.

Raportul între cele două tensiuni ne dă factorul de distorsiuni cubice (datorite armonicii de ordinul al treilea)

$$K_3 = \frac{U_1}{U_2} \cdot 100\ [\%] .$$

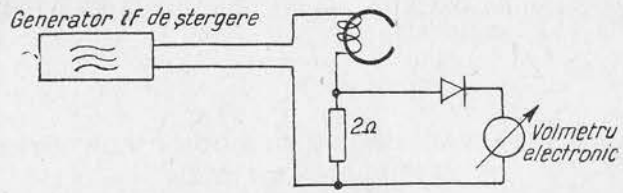
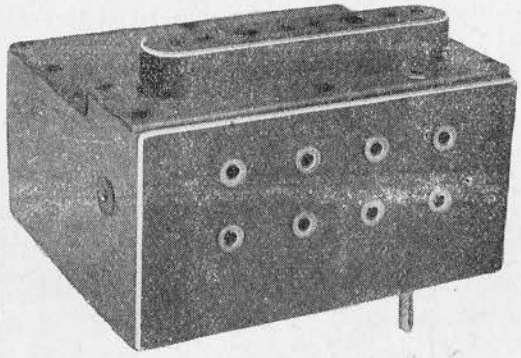


Fig. IX-6. Circuit de măsurare pentru curentul de ștergere.



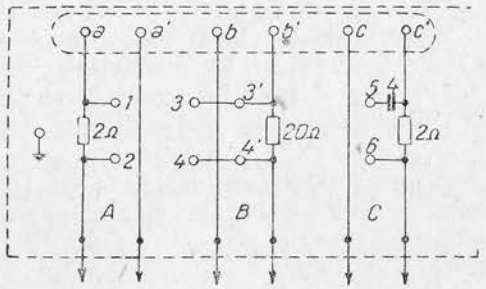


Fig. IX-7. Cutia intermediară de măsură RMS-16:
a — vedere ; *b* — schema electrică.

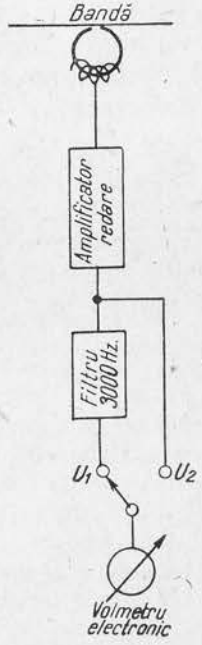


Fig IX-8. Circuit pentru măsurarea distorsiunilor de neliniaritate.

Dacă punctul de funcţionare pe curba de transfer este corect ales, semnalul poate fi distorsionat numai simetric, deci armonicile de ordin par trebuie să fie neglijabile. De asemenea, distorsiunile datorite amplficatorului sau capului, trebuie să fie neglijabile faţă de cele datorite purtătorului de sunet.

11. MĂSURAREA VARIAŢIILOR PERIODICE ALE VITEZEI DE DEPLASARE A BENZII

Pentru măsurarea variaţiilor periodice ale vitezei de deplasare a benzii („miorlăială") se folosesc instrumente de măsurare numite uneori „miaumetre". De fapt, se măsoară variaţiile periodice de frecvenţă cauzate de variaţiile periodice ale vitezei benzii, deoarece o măsurare directă a vitezei, cu precizia cerută (minimum 0,1%) este practic imposibilă.

Deoarece

$$\frac{v}{V_0} = \frac{f}{f_0},$$

măsurînd variaţiile instantanee ale frecvenţei, putem determina mărimea variaţiei de viteză a benzii, care, exprimată în procente, va fi :

$$m = \frac{\Delta f}{f_0} \; 100 \; [\%]$$

Măsurarea gradului de variaţie de viteză este o problemă delicată, deoarece, după cum s-a mai arătat, senzaţia produsă de oscilaţiile periodice ale vitezei depind de mulţi factori, iar legile după care aceştia influenţează urechea sînt încă insuficient cunoscute.

Deoarece sensibilitatea urechii faţă de variaţiile de tonalitate depinde de frecvenţă, ar fi logic ca aprecierea lor să se facă în funcţie de o curbă de corecţie, similară celei utilizate la aprecierea perturbaţiilor. Din cauza complexităţii fenomenelor care apar în urma oscilaţiilor vitezei de deplasare a benzii, încă nu s-a putut determina o astfel de corecţie.

Oscilaţiile vitezei nu se produc sinusoidal. De obicei curba care reprezintă variaţia vitezei în funcţie de timp conţine cel puţin două componente de frecvenţe diferite : de exemplu, o frecvenţă de 4 Hz, cauzată de excentricitatea rolei presoare

şi alta de 25 Hz, cauzată de excentricitatea bucşei de antrenare. Mai intervin şi excentricităţile celorlalte piese în rotaţie (suporţii ruloului de bandă, miezul), cum şi variaţiile vitezei motoarelor, cum şi alte fenomene accidentale.

În fig. IX-9 este reprezentată o curbă de variaţie a vitezei în funcţie de timp.

S-a notat cu :

V_{max} — viteza maximă ;
V_{min} — viteza minimă ;
V_m — viteza medie ;
V_0 — viteza nominală.

Gradul de variaţie relativă de viteză m_r este deviaţia vitezei de la valoarea medie, raportată la viteza medie ; deoarece de obicei viteza medie diferă foarte puţin de cea nominală, se poate înlocui, în definiţia de mai sus, viteza medie cu cea nominală :

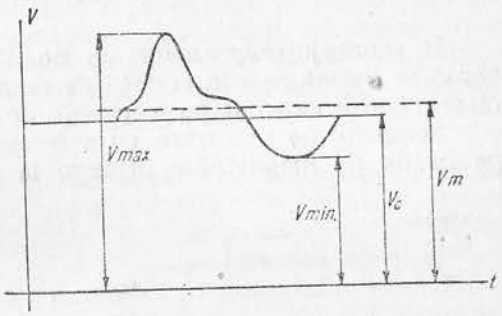


Fig. IX-9. Variaţia vitezei în funcţie de timp (exemplu).

$$m_r = \frac{V_{max} - V_m}{V_m} \; 100 \approx \frac{V_{max} - V_0}{V_0} \; 100 \; .$$

Pentru a măsura variaţiile de frecvenţă corespunzătoare variaţiilor de viteză, acestea trebuie să fie transformate într-o mărime electrică (tensiune, de exemplu) care să urmărească fidel curba variaţiei.

O dificultate care intervine la măsurarea „miorlăielii" este defazarea dintre variaţiile de viteză la înregistrare şi variaţiile de viteză la redare, condiţionată de distanţa dintre capul de înregistrare şi cel de redare. Datorită acestei defazări rezultă micşorări sau măriri ale amplitudinilor variaţiilor de frecvenţă, care nu mai sînt proporţionale cu variaţia efectivă a vitezei benzii.

Pentru înțelegerea sistemului de măsurare, dăm mai jos descrierea unor astfel de aparate, realizate în laboratorul studiourilor radiodifuziunii romîne.

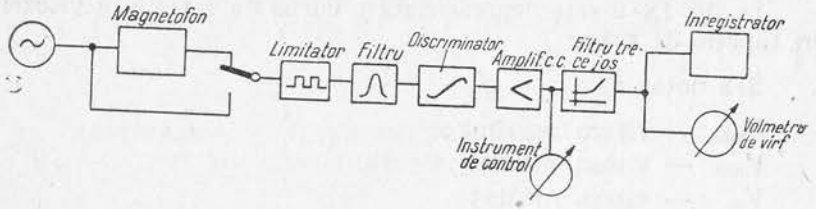


Fig. IX-10. Schema de principiu a unui măsurător de variație de viteză cu discriminator.

În montajul reprezentat în fig. IX-10, variațiile de frecvență se transformă în variații de amplitudine cu ajutorul unui discriminator acordat pe frecvența de 3 kHz.

Semnalul de măsurare cu o frecvență de 3 kHz, redat de pe banda de magnetofon, ajunge la un limitator ; la ieșirea

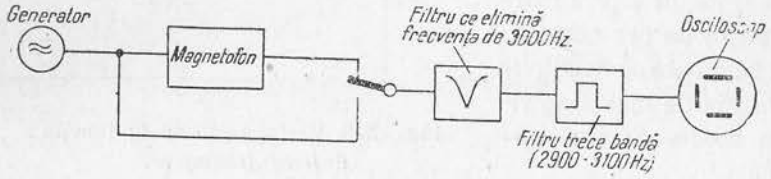


Fig. IX-11. Schema unui măsurător de variație de viteză cu filtre acordate.

acestuia, semnalul are o amplitudine constantă, iar erorile datorite variațiilor de amplitudine ale semnalului redat, sînt eliminate. După ce trece printr-un filtru trece bandă, care elimină atît zgomotul de sector, cît și armonicile introduse de distorsiunile datorite limitatorului, semnalul ajunge la discriminator, care elimină fundamentala de 3 kHz („purtătoarea" modulată în frecvență). Componenta continuă care rămîne după discriminare reprezintă o abatere a purtătoarei față de frecvența nominală (deci o abatere a vitezei medii de la viteza medie inițială) și se măsoară, după amplificare, cu ajutorul instrumentului de control (instrument de curent continuu). Componentele de curent alternativ, reprezentînd variația de viteză alternativă, se măsoară cu ajutorul unui voltmetru de

virf sau se înregistrează grafic, după filtrarea reziduului de 3 kHz, eventual imperfect eliminat de discriminator.

Dacă se branșează un osciloscop după filtrul trece-jos, se poate observa forma undei variațiilor de viteză.

Precizia este de circa 0,05%.

Măsurarea se face în modul următor : la intrare se aplică un semnal de 3 kHz de la un generator de ton, astfel încît instrumentul de control al acordului să indice exact diviziunea zero. Acest semnal se înregistrează și pe bandă. Dacă viteza benzii oscilează la redare, voltmetrul de maximă va indica o tensiune corespunzătoare cu deviația maximă de viteză. Instrumentul de control al acordului va indica deviația medie a vitezei de deplasare și sensul ei.

O soluție mai simplă este reprezentată în fig. IX-11. Elementele principale sînt : un filtru (*1*) pentru eliminarea frecvenței de 3 kHz, cu o curbă de atenuare foarte ascuțită și aproximativ rectilinie în regiunea abaterilor de frecvență măsurate, un filtru trece bandă (*2*) pentru frecventele 2 900—3 100 Hz și un osciloscop.

Etalonarea se face cu un semnal de frecvență constantă de 3 000 Hz ; se reglează filtrul (*1*) pînă ce se obține o deviație minimă a spotului pe ecranul osciloscopului. Apoi se produce un dezacord artificial cunoscut (de exemplu, 1%) și se gradează ecranul osciloscopului. Metoda de măsurare este similară cu aceea descrisă mai sus. Sistemul permite o desfășurare a imaginii oscilațiilor pe osciloscop, care poate da indicații asupra frecvenței variației de viteză.

Precizia măsurării este de circa 0,1%, fiind limitată de tensiunea reziduală care provine din armonici și sector. Pentru a elimina erorile datorite variațiilor de amplitudine, se montează uneori un limitator înaintea întregului sistem de măsurare. O precizie mare poate fi obținută cu aparatul reprezentat în fig. IX-12 care are avantajul că nu necesită o etalonare prealabilă și deci poate fi folosit pentru etalonarea altor aparate.

Generatoarele de ton I și II se reglează astfel, încît diferența dintre frecvența semnalelor livrate să fie de 50 Hz (cel puțin unul din generatoare trebuie deci să fie prevăzut cu reglaj de frecvență). Bătăile, obținute în circuitul neliniar de amestec se amplifică și se aplică unui frecvențmetru industrial. În piziția *a* a comutatorului frecvența indicată trebuie să fie de 50 Hz, deci generatoarele de ton se reglează în consecință.

In poziția *b* a comutatorului unul din semnale este aplicat prin intermediul canalului de înregistrare-redare, care urmează să fie măsurat. Din cauza variațiilor de viteză, frecvența bătăilor variază între două limite, care se pot observa la frecvențmetru. Filtrul servește la eliminarea frecvenței fundamentale de 3 000 Hz.

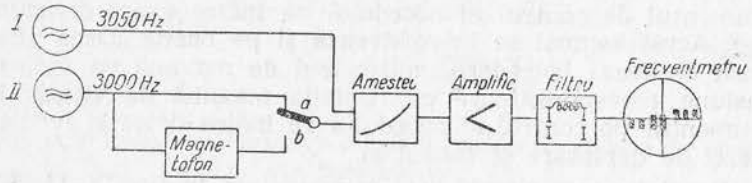


Fig. IX-12. Schema unui măsurător de variație de viteză cu frecvențmetru industrial.

Cu acest aparat se pot aprecia variații de 1 Hz, ceea ce ar corespunde unei precizii de 0,03%. Are dezavantajul că nu permite observarea formei undei de variație de viteză pe osciloscop.

12. MĂSURAREA ȘI CONTROLUL VITEZEI MEDII DE DEPLASARE A BENZII

Măsurarea se face cu o precizie suficientă, cu ajutorul unei role stroboscopice luminate de o sursă de lumină alimentată la rețeaua de 50 Hz.

Viteza medie va fi :

$$v = \frac{2\pi f d}{n} = 100\,\frac{\pi d}{n}\ [\text{cm/s}],$$

în care d este diametrul rolei în cm și n — numărul sectoarelor.

Pentru măsurarea variației vitezei medii de deplasare, rola stroboscopică trebuie să aibă o precizie de excentricitate de 3×10^{-4} (0,03%). Dacă într-un interval de 5 s un sector ocupă locul sectorului următor, variația vitezei medii de deplasare este de 0,2%. Măsurarea se face la începutul și la sfîrșitul unui rulou de bandă. Viteza în cele două cazuri nu trebuie să difere cu mai mult de 0,2%.

Variațiile vitezei medii de deplasare pot fi deduse cu aproximație, folosind osciloscopul catodic. Se înregistrează pe toată

lungimea benzii un semnal cu frecvența rețelei (50 Hz). La redare, banda se inversează, adică se începe redarea cu por-

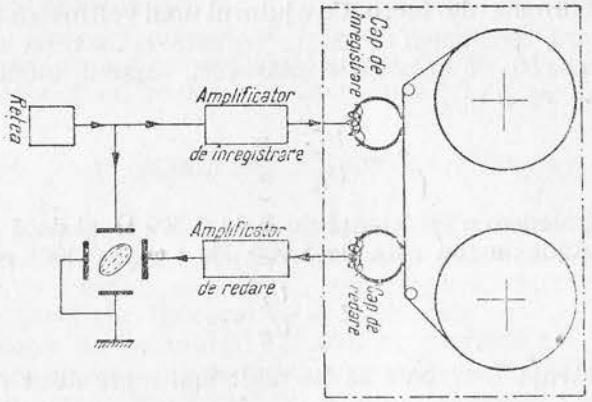


Fig. IX-13. Circuit pentru controlul vitezei medii de deplasare a benzii.

țiunea înregistrată la sfîrșit, se conectează ieșirea magnetofonului la o pereche de plăci deflectoare, iar rețeaua de 50 Hz la cealaltă pereche (v. fig. IX-13). Din cauza diferențelor de fază dintre frecvența redată și frecvența rețelei apar pe ecranul osciloscopului diferite figuri (un cerc, o elipsă sau o dreaptă). Figurile se rotesc din cauza diferențelor de frecvență datorită variației vitezei medii.

Viteza de rotație a figurilor permite aprecierea variației vitezei de deplasare.

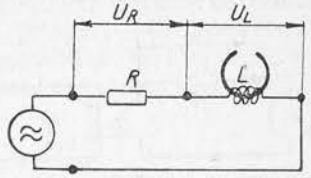


Fig. IX-14. Circuit pentru determinarea inductanței capetelor.

13. MĂSURAREA INDUCTANȚEI ÎNFĂȘURARILOR CAPETELOR

Pentru a determina inductanța capetelor se poate folosi circuitul reprezentat în fig. IX-14.

Generatorul de ton alimentează un circuit serie format dintr-o rezistență cunoscută R și din înfășurarea capului. Am-

plitudinea semnalelor generatorului trebuie astfel aleasă încît intensitatea curentului din circuit să fie aproximativ egală cu intensitatea curentului care circulă prin înfășurarea capului în condiții normale de lucru. Cu ajutorul unui voltmetru electronic se măsoară tensiunea U_R de la bornele rezistenței cunoscute și tensiunea U_L de la bornele înfășurării capului. Inductanța capului L — va fi :

$$L = \frac{U_L}{U_R} \cdot \frac{R}{\omega}.$$

Dacă alegem o rezistență de R de 6 300 Ω și dacă frecvența generatorului de ton este de 1 000 Hz ($\omega \cong 6\,300$) rezultă :

$$L = \frac{U_L}{U_R}.$$

Rezistența R trebuie să fie mult mai mare decît rezistența capului.

14. MĂSURAREA IMPEDANȚEI DE INTRARE ȘI DE IEȘIRE A AMPLIFICATOARELOR

Impedanța de intrare a amplificatoarelor se determină folosind un circuit ca cel din fig. IX-15.

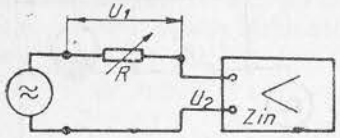


Fig. IX-15. Circuit pentru măsurarea impedanței de intrare a amplificatoarelor.

Fig. IX-16. Circuit pentru măsurarea impedanței de ieșire a amplificatoarelor.

Generatorul de ton alimentează circuitul cu un semnal de 1 000 Hz. Se măsoară cu un voltmetru electronic — tensiunea U_1 de la bornele rezistenței variabile calibrate R și tensiunea U_2 de la bornele de intrare ale amplificatorului. Variind rezistența R — pînă ce se obțin valori egale pentru tensiunile U_1 și U_2, se obține modulul impedanței de intrare a amplificatorului $|Z_i| = R$.

Pentru determinarea impedanței de ieșire a amplificatoarelor se utilizează circuitul prezentat în fig. IX-16.

Se aplică un semnal de 1 000 Hz, cu nivel normal, la bornele amplificatorului care trebuie măsurat. Un voltmetru electronic măsoară la ieșirea amplificatorului întîi tensiunea în gol U_0 și apoi tensiunea U pe o sarcină rezistivă variabilă calibrată R. Variind rezistența R pînă ce tensiunea în sarcină atinge jumătatea valorii tensiunii în gol ($U = U_0/2$), se obține valoarea modulului impedanței de ieșire $|Z_e| = R$.

B. MĂSURĂRI ASUPRA BENZILOR

Pentru măsurarea caracteristicilor diferitelor tipuri de benzi va trebui determinat (dacă acesta nu este cunoscut) punctul optim de funcționare a benzii prin alegerea valorilor optime ale curenților de audiofrecvență și polarizare.

Instalația de măsurare va trebui să cuprindă un generator de ton, un voltmetru electronic sensibil (cu amplificator de control cu amplificare variabilă) și un echipament pentru măsurarea distorsiunilor.

1. MĂSURAREA SENSIBILITĂȚII

Sensibilitatea unei benzi se poate determina cu ajutorul f.e.m. măsurate la bornele unui cap standard la redarea benzii, pe care s-a înregistrat un semnal în condiții corespunzătoare punctului optim de funcționare ; de asemenea, ea poate fi determinată în comparație cu o altă bandă, considerată etalon. In

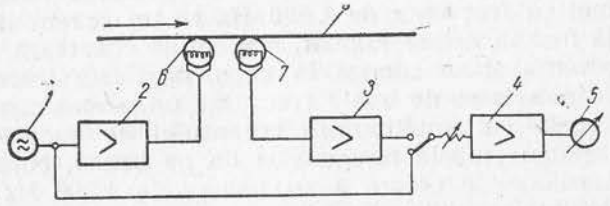


Fig. IX-17. Măsurarea sensibilității benzilor :
1 — generator de ton ; *2* — amplificator de înregistrare ; *3* — amplificator de redare ; *4* — amplificator de măsurare ; *5* — instrument indicator ; *6* — cap de înregistrare ; *7* — cap de redare ; *8* — bandă.

acest ultim caz se înregistrează pe banda etalon un semnal de 1 000 Hz la curentul optim de polarizare ; tensiunea de ieșire

a generatorului de ton care dă semnalul cu frecvența de 1 000 Hz se reglează pentru un curent de audiofrecvență de o valoare determinată. Amplificatorul de măsurare (fig. IX-17) se reglează astfel încît voltmetrul electronic conectat la ieșirea acestuia să indice o deviație determinată (de exemplu : 1,5 V). Apoi se înregistrează pe banda care trebuie măsurată un semnal de 1 000 Hz cu aceeași intensitate a curentului de audiofrecvență și la un curent de polarizare optim pentru tipul de bandă măsurat.

Menținînd aceeași amplificare la amplificatorul de măsurare, se citește indicația voltmetrului electronic. Raportul dintre indicațiile voltmetrului, citite pentru banda încercată (U_2) și pentru banda etalon (U_1) (1,5 V), calculat în decibeli, reprezintă sensibilitatea relativă : S db $= 20 \log \frac{U_2}{U_1}$.

2. MĂSURAREA DINAMICII DE REPAUS ȘI DE LUCRU

Pentru determinarea dinamicii de repaus se înregistrează pe bandă un semnal de 1 000 Hz cu un curent de audiofrecvență corespunzător nivelului maxim nedistorsionat și se măsoară tensiunea la ieșirea amplificatorului de redare (U_1). Apoi se deconectează sursa de semnal, lăsîndu-se polarizarea de înaltă frecvență și se măsoară din nou tensiunea la redare (U_2), prin intermediul unui filtru cu caracteristica asemănătoare cu aceea a urechii. Raportul dintre tensiunile măsurate $\frac{U_1}{U_2}$ reprezintă dinamica de repaus.

Pentru determinarea dinamicii de lucru, se înregistrează un semnal cu frecvența de 1 000 Hz cu un curent de audiofrecvență maxim nedistorsionat, apoi se deconectează sursa de audiofrecvență și se adaugă în capul de înregistrare la curentul de polarizare de înaltă frecvență un curent continuu de valoare egală cu amplitudinea curentului de audiofrecvență. Apoi se redau ambele înregistrări de pe bandă, obținîndu-se întîi o tensiune de redare a semnalului de 1 200 Hz (U_s) și apoi, prin intermediul unui filtru cu caracteristica asemănătoare cu aceea a urechii tensiunea zgomotelor (U_p) care apar datorită cîmpului continuu. Dinamica de lucru va avea valoarea de $20 \log \frac{U_s}{U_p}$ db.

La măsurarea dinamicii de repaus și de lucru se conectează între amplificatorul de redare și cel de măsurare un filtru

care transmite frecvențele zgomotelor conform curbei de sensibilitate a urechii. În acest scop s-a fixat curba de sensibilitate a urechii corespunzătoare unei intensități sonore determinate (30 foni). Măsurată prin intermediul filtrului cu caracteristica asemănătoare cu aceea a urechii, dinamica de repaus trebuie să fie mai mare de 60 db

3. MĂSURAREA DISTORSIUNILOR DE NELINIARITATE

Pentru măsurarea distorsiunilor de neliniaritate ale benzii se determină raportul dintre amplitudinea armonicii a 3-a și cea a fundamentalei. Măsurarea se face în felul următor : se înregistrează pe bandă un semnal cu frecvența de 1 000 Hz, cu un curent de audiofrecvență corespunzător nivelului maxim, după care se stabilește o anumită deviație la voltmetrul electronic cu ajutorul atenuatorului amplificatorului de măsurare. Apoi se conectează între amplificatorul de redare și cel de măsurare un filtru care lasă să treacă numai frecvența de 3 000 Hz și se citește indicația voltmetrului electronic. Raportul dintre prima indicație a voltmetrului și cea de a doua, calculat în decibeli, exprimă atenuarea distorsiunilor de neliniaritate datorate armonicii a treia.

4. MĂSURAREA ATENUARII DE ȘTERGERE

La această măsurare se înregistrează pe bandă mai întîi un semnal de 1 000 Hz cu un curent de audiofrecvență maxim nedistorsionat. Banda se păstrează timp de o săptămînă, apoi se șterge o parte prin trecerea ei în fața capului de ștergere. Se rebobinează apoi banda pînă la capăt și se citește la voltmetrul electronic întîi tensiunea cu frecvența de 1 000 Hz (U_s) apoi, prin intermediul unui filtru cu caracteristica asemănătoare cu aceea a urechii, tensiunea corespunzătoare semnalului rămas pe bandă după ștergere (U_r). Raportul celor două tensiuni exprimat în db ne dă atenuarea de ștergere : $A_{st} = 20 \log \frac{U_s}{U_r}$. Această atenuare trebuie să fie mai mare decît dinamica de repaus.

5. MĂSURAREA ATENUARII DE COPIERE

Efectul de copiere se apreciază cu ajutorul atenuării de copiere, care reprezintă mărimea calculată în db a raportului

dintre semnalul înregistrat pe o spiră a benzii și semnalul copiat, datorită efectului de copiere, pe prima spiră vecină. Măsurarea se face astfel : pe suportul colector (din dreapta) se pune un miez special cu un diametru de circa 280 mm, ceea ce corespunde diametrului exterior al unui rulou cu 1 000 m de bandă. Banda a cărei atenuare de copiere urmează a fi măsurată, înfășurată pe un miez normal, se așază pe suportul debitor (din stînga). Acționînd magnetofonul pe comanda „înregistrare", primele 3—4 spire care se înfășoară pe miezul cu diametrul mare vor suferi numai acțiunea cîmpurilor de înaltă frecvență din capul de înregistrare și ștergere, generatorul de audiofrecvență fiind deconectat. Apoi, pe o perioadă scurtă, suficientă numai pentru înregistrarea unei lungimi de bandă egală cu circa 3/4 din circumferința butucului, se înregistrează un semnal de 1 000 Hz cu nivel maxim nedistorsionat. La următoarele 6—8 spire se deconectează iarăși sursa de audiofrecvență. Operația se repetă pentru cel puțin trei impulsuri.

Banda astfel înregistrată se lasă în repaus un timp de 6 minute pentru măsurări rapide sau 24 ore pentru măsurări exacte și după acest interval de timp se mută miezul cu banda înregistrată de pe suportul din dreapta pe cel din stînga, fără a mai desfășura banda, ceea ce ar falsifica măsurarea. Apoi se redă banda. Pentru a obține la ieșire numai tensiunea datorită semnalului copiat și pentru a elimina tensiunile care ar proveni de la zgomote, se conectează între amplificatorul de redare și amplificatorul de măsurare un filtru, care lasă să treacă numai frecvența de 1 000 Hz. Pentru a măsura impulsuri atît de scurte — durata semnalului înregistrat la o viteză de deplasare a benzii de 76,2 cm/s fiind de circa o secundă — se folosesc instrumente cu constantă de timp mică (0,1—0,2 s) și cu posibilitatea de înregistrare grafică a semnalului. De altfel, motivul pentru care banda se înfășoară pe un miez de diametru mare (280 mm) este tocmai necesitatea de a obține o spiră cît mai lungă, pentru a evita dificultățile de măsurare a impulsurilor foarte scurte. Instrumentul va înregistra mai întîi cîteva deviații mici cu amplitudine crescătoare, apoi o deviație mare corespunzătoare semnalului de 1 000 Hz (v. fig. IV-10). Din curba astfel înregistrată se determină direct atenuarea de copiere în db, ca raport între amplitudinea deviației maxime și amplitudinea deviației care urmează imediat după deviația maximă.

CAPITOLUL X

EXPLOATAREA MAGNETOFOANELOR

Deși sistemele de înregistrare și de redare magnetică au o largă întrebuințare în diverse domenii de activitate, totuși în cele ce urmează ne vom ocupa în special de exploatarea magnetofoanelor folosite în radiodifuziune. De la aceste aparate se cer performanțe excepționale, astfel încît exploatarea și întreținerea lor trebuie făcută în cele mai bune condiții.

Magnetofoanele instalate în camerele de regie tehnică ale centrelor de radiodifuziune, funcționează în strînsă legătură cu restul instalațiilor electroacustice.

În general, operațiile cele mai importante care se execută cu ajutorul magnetofoanelor sînt următoarele :

— Înregistrarea unor producții din studiouri sau săli de concert, eventual combinate cu anunțuri sau programe redate de pe discuri sau benzi de magnetofon.

— Redarea programelor înregistrate pe bandă.

— Copierea unor programe de pe disc sau bandă.

— Fonomontaje (îmbinări ale programelor prin copieri, tăieri, lipiri etc.).

Uneori se fac numai operații de tăiere și îmbinare a benzii, fără înregistrări proaspete.

Exploatarea rațională a magnetofonului în studiourile de radiodifuziune, implică o separare a diferitelor funcțiuni și posibilități ale acestuia, deci o adaptare a aparatelor la diferitele faze ale procesului de înregistrare și redare pe bandă magnetică : înregistrare, fonomontaj, copiere etc.

O astfel de exploatare a dus la înființarea unor grupuri tehnice distincte cu aparataje potrivite scopului.

1. FOLOSIREA MAGNETOFONULUI PENTRU ÎNREGISTRARE, FONOMONTAJ ŞI COPIERE

După cum s-a arătat, la centrele de radiodifuziune se folosesc instalaţii separate, corespunzătoare fiecăreia din operaţiile enumerate.

Pentru înregistrarea programelor se utilizează atît magnetofoane fixe cît şi mobile.

Instalaţiile fixe, compuse, în general, dintr-un grup de două magnetofoane, pot fi montate în camere de regie tehnică

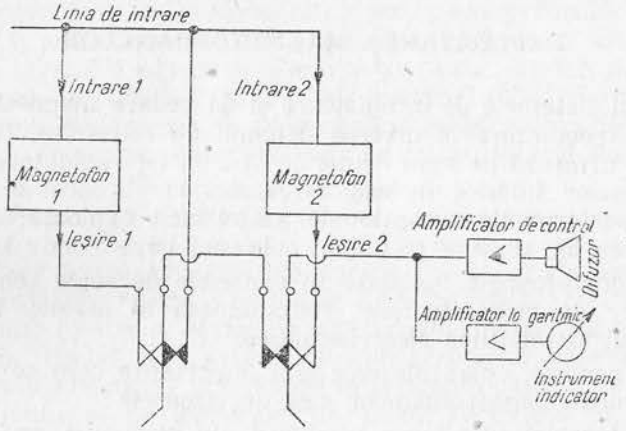


Fig. X-1 Schema unui grup de două magnetofoane de înregistrare.

aferente studiourilor pentru vorbire, muzică sau teatru ; în acest caz se folosesc circuite de control ale pupitrelor de regie. Grupurile separate, cu circuite de control proprii, sînt destinate înregistrării unor programe exterioare, transmise prin cabluri din săli de concerte, teatre, stadioane etc.

Pentru înregistrări în locuri exterioare care n-au legături cu studiourile prin cablu, se folosesc automobile de reportaj echipate cu două magnetofoane şi cu instalaţii anexe, similare cu cele dintr-o cameră de regie tehnică. Pentru înregistrări de scurtă durată la care nu se cere o calitate deosebită a înregistrării, (reportaje de radio) se folosesc magnetofoane mici portabile.

În fig. X-1 este arătată schema unui grup de două magnetofoane de înregistrare cu circuite de control : un amplificator şi un difuzor de control pentru controlul auditiv şi un amplificator logaritmic cu indicator pentru controlul optic.

In cazul unor grupuri folosite numai pentru redarea programelor înregistrate pe bandă se folosesc grupuri de două magnetofoane care nu conţin decît elementele necesare pentru redarea benzilor (capul şi amplificatorul de redare fără amplificator de înregistrare).

Pentru montaj sonor fără înregistrare proaspătă, se folosesc aparate similare cu cele utilizate pentru redare, dar conţinînd în plus o serie de mecanisme auxiliare. De asemenea, pentru copierea benzilor se folosesc grupuri speciale de copiere. În paragrafele următoare vor fi descrise asemenea instalaţii.

2. PREGATIREA BENZILOR

Benzile furnizate de fabrică au lungimi standardizate de 1 000 m, ceea ce corespunde cu o durată de înregistrare de circa 20 min la magnetofoane cu viteza de deplasare a benzii de 76,2 cm/s. În urma executării unor înregistrări cu durată mai scurtă de 20 min, cum şi în urma operaţiilor de montaj sonor se obţin numeroase rulouri mici de bandă neînregistrată, care trebuie recuperată. Pregătirea benzii pentru înregistrare cere îmbinarea prealabilă a rulourilor mici într-unul mare cu timpul de înregistrare de 20 min. Pentru efectuarea acestor operaţii se folosesc agregate de bobinare, echipate cu două motoare care permit înfăşurarea rapidă a benzii în ambele direcţii. Ruloul cu bandă trebuie să fie strîns bobinat şi trebuie să aibă o suprafaţă netedă.

Trebuie să se ţină seamă de faptul că proprietăţile magnetice ale benzilor diferă mult de la un tip de bandă la altul. Chiar acelaşi tip de bandă poate prezenta diferenţe sensibile între diversele serii de fabricaţie.

Fabrica admite diferenţe de sensibilitate de ± 2 db, faţă de valoarea nominală a tipului de bandă respectiv. Se pot ivi deci, diferenţe de nivel de 4 db, chiar prin îmbinarea a două porţiuni de bandă de acelaşi tip ; această diferenţă este percepută de ureche. Mai pot apărea diferenţe sensibile şi la celelalte caracteristici ale benzii : la dinamica, la curba de răspuns etc.

Deoarece controlul unor astfel de benzi recuperate din mai multe bucăţi este dificil, benzile recuperate se folosesc numai acolo unde nu se cere o calitate deosebită a înregistrării.

O bandă magnetizată foarte puternic din cauza depășirii nivelului maxim admisibil („supramodulare") nu poate fi ștearsă complet prin acțiunea capului de ștergere. La o înregistrare ulterioară, semnalul rămas pe bandă din cauza unei ștergeri incomplete, apare sub forma unui zgomot perturbator. De aceea, înainte de a fi date în exploatare, benzile recuperate trebuie supuse acțiunii unui cîmp alternativ destul de eficace pentru a șterge complet diferitele porțiuni de bandă. Pentru ștergerea benzilor recuperate sau a benzilor supramodulate, se folosește un dispozitiv numit demagnetizator (fig. X-2).

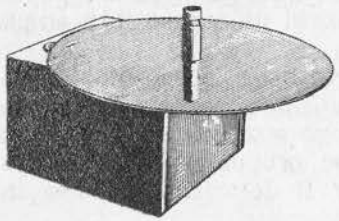


Fig. X-2. Demagnetizator pentru ștergerea benzilor.

Demagnetizatorul are un miez de fier ale cărui dimensiuni sînt date în fig. X-3. Pe carcasă se bobinează 200 de spire (pentru 120 V) cu sîrmă de 2,6—2,8 mm diametru cu izolație

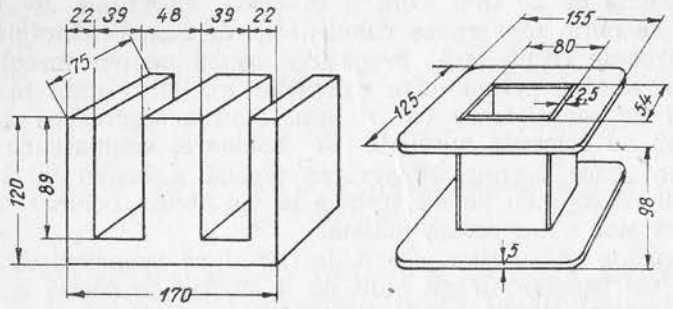


Fig. X-3. Construcția bobinei demagnetizatorului.

dublă de bumbac. Pe cutia demagnetizatorului este fixat un ax pe care se poate roti un platan de hares sau pertinax cu grosimea de 2 mm și cu un diametru de 300 mm.

Pentru efectuarea ștergerii, demagnetizatorul se conectează la o sursă de tensiune alternativă de 120 V. Ruloul cu banda care urmează a fi ștearsă se pune pe platanul de hares. Platanul împreună cu ruloul se apropie încet de demagnetizator, se așază pe axul acestuia, se rotește de 3—4 ori și se îndepărtează apoi încet printr-o mișcare în spirală pînă la distanța de 1,5 m. Apropierea și îndepărtarea lentă a benzii este necesară pentru parcurgerea unui număr suficient de cicluri de histerezis, pentru demagnetizarea completă.

Dacă benzile sînt modulate deosebit de puternic, operația trebuie repetată după 24 ore.

3. OPERAȚIILE DE ÎNREGISTRARE ȘI REDARE

Instalațiile de înregistrare pe bandă de magnetofon sînt deservite de tehnicieni sau de operatori cu o calificare specială pentru acest scop. Sarcina acestora este pregătirea și verificarea aparatajului înainte de înregistrare și apoi efectuarea înregistrării.

Înainte de a se începe înregistrarea propriu-zisă, trebuie făcută o înregistrare de probă care permite atît un control prealabil auditiv al înregistrării, cît și stabilirea poziției atenuatoarelor, astfel încît vîrfurile de tensiune să corespundă cu indicația zero db, de pe indicatorul de control al modulației (modulometru). Indicatoarele de nivel sînt astfel reglate încît indicația zero db să corespundă nivelului de 1,55 V.

Submodularea benzii are drept consecință creșterea zgomotului de fond la redare, iar o supramodulare înseamnă creșterea distorsiunilor. Nivelul de înregistrare stabilit trebuie respectat, după cum s-a mai arătat, atît pentru ușurarea schimburilor de programe cît și pentru îmbinarea mai multor înregistrări făcute în locuri, în momente și cu aparate diferite.

Controlul imediat al înregistrării prin redarea concomitentă a benzii, oferă posibilitatea de a interveni la orice greșeală și de a relua înregistrarea prin repetarea anumitor fragmente ale programului.

La reluarea înregistrării apar însă uneori pocnituri, care se înregistrează pe bandă, în momentul efectuării comenzii „înregistrare". Apariția acestor pocnituri se datorește conectării și deconectării tensiunii anodice a amplificatorului de înregistrare și a oscilatorului de înaltă frecvență. La terminarea înregistrării, aceste pocnituri trebuie eliminate prin tăierea și eliminarea porțiunilor de bandă respective.

Pentru evitarea tăierii repetate a benzii, unele magnetofoane sînt prevăzute cu un dispozitiv, care permite îndepărtarea benzii din fața capetelor de ștergere și înregistrare în timpul operației de redare, astfel că banda aderă numai de capul de redare, după cum se vede în fig. X-4.

Dispozitivul constă dintr-o tijă cu resort și cu o piedică, care, după îndepărtarea tijei, o fixează în poziția „banda îndepărtată". După deblocare, tija revine în poziția de repaus și banda își urmează traseul normal. Tija este acționată fie direct, manual, fie prin intermediul unui releu.

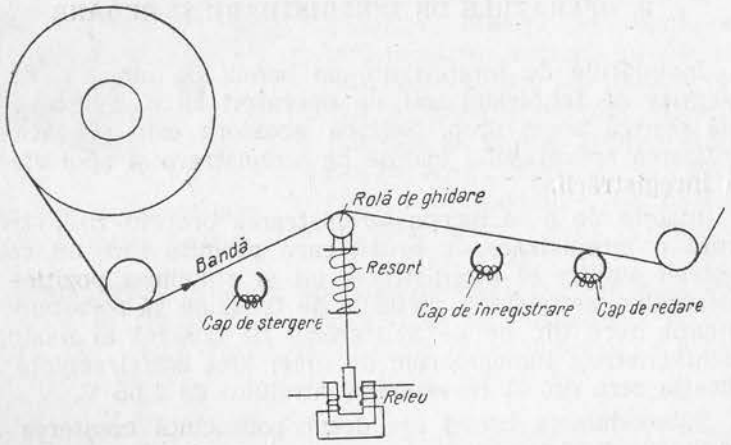


Fig. X-4. Dispozitiv pentru îndepărtarea benzii.

Pentru eliminarea perturbațiilor la reluarea înregistrării se procedează în felul următor : în momentul cînd se manevrează butonul de comandă a înregistrării, banda este îndepărtată de capetele de ștergere și înregistrare; în acest timp, cu toate că magnetofonul are comanda „înregistrare", îndeplinește funcția de „redare". Se redă în acest fel pasajul corect înregistrat ; cînd se ajunge la pasajul greșit, (un anumit cuvînt sau fragment muzical determinat), se eliberează tija prin deblocarea piedicii, banda se apropie de capetele de ștergere și înregistrare, și în acest fel, trecerea la funcțiunea de înregistrare se face fără conectarea bruscă a tensiunii anodice, deci fără pocnitură.

În cazul unor înregistrări de lungă durată (transmisii din săli de concerte, spectacole, manifestații, mitinguri) se folosesc două magnetofoane ; înregistrarea pe cel de-al doilea magnetofon începe puțin înainte de terminarea înregistrării pe primul aparat. Astfel, aceeași modulație este înregistrată la sfîrșitul unei benzi și la începutul benzii următoare. La redarea ulterioară a acestor benzi, se folosesc porțiunile cu program identic pentru trecerea, fără întreruperea redării, de pe un magnetofon pe celălalt. Pentru sincronizarea celor două fragmente, se folosesc dispozitive de sincronizare care permit încetinirea temporară a vitezei de deplasare a benzii. Pentru controlul sincronizării sînt necesare și circuite separate de control auditiv (amplificator și difuzor de control) pentru fiecare magnetofon.

Trecerea de la redarea de pe un magnetofon pe celălalt poate avea loc și prin comutare obișnuită cu o cheie, în timpul unei pauze.

4. DECUPAREA BENZILOR

Banda de magnetofon poate fi tăiată și lipită. Această proprietate se folosește pentru scoaterea unor fragmente nereușite sau nedorite ale înregistrării și pentru îmbinarea diferitelor înregistrări în vederea compunerii unui program complex.

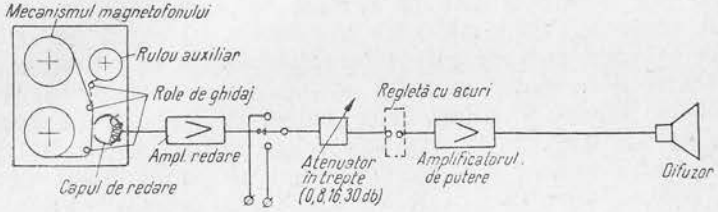


Fig. X-5. Magnetofon de decupare.

Decuparea poate fi efectuată cu ajutorul unor magnetofoane obișnuite, sau speciale, denumite magnetofoane de decupare (fig. X-5).

Magnetofoanele de decupare sînt echipate cu un motor suplimentar de bobinare, utilizat tot pentru înfășurarea benzii la comenzile „redare" și „repede înainte". La aceste comenzi poate fi acționat fie motorul de înfășurare obișnuit, fie motorul de înfășurare suplimentar. Această construcție permite să se separe fragmentele dorite de cele nedorite, prin înfășurarea lor pe două rulouri separate, astfel, încît pe ruloul de pe motorul suplimentar se înfășoară toate fragmentele nereușite, care urmează a fi scoase din programul înregistrat pe bandă.

iar pe ruloul de pe motorul de înfășurare obișnuit rămîn acele părți ale benzii care sînt bune pentru program.

Magnetofoanele de decupare sînt prevăzute cu dispozitive de încetinire a vitezei de deplasare a benzii, și cu foarfeci automate montate pe agregat. Toată instalația este montată într-un dulap în care se păstrează capetele de bandă, sticla cu soluție de lipit etc.

Benzile se îmbină în mod curent prin suprapunerea capetelor care urmează a fi lipite. Acestea se taie sub același unghi de 45° cu o foarfecă bine ascuțită (fig. X-6). Înainte de începerea operațiilor de decupare, foarfeca trebuie demagnetizată cu ajutorul demagnetizatorului. O foarfecă magnetizată provoacă magnetizarea benzii în locul tăieturii, ceea ce produce o pocnitură la redare.

Pe unul din capetele benzii tăiate sub un unghi de 45° și anume pe capătul din stînga (socotind direcția de deplasare a benzii de la stînga la dreapta) se aplică pe partea activă, cu ajutorul unei pensule sau baghete de sticlă, soluția de lipit, pe o lungime de 1—1,5 cm. În cazul benzilor stratificate, partea activă se consideră suprafața acoperită cu oxizi. Benzile masive pot fi înregistrate pe oricare din fețe, însă, la redarea benzii, aceasta trebuie să intre în contact cu capul de redare, cu aceeași față pe care a fost înregistrată. În caz contrar, redarea este deformată, datorită atenuării frecvențelor înalte (v. fig. X-7). Pentru evitarea unor astfel de greșeli, pe benzile moderne se tipărește la intervale mici, pe partea care nu trebuie folosită pentru înregistrare, tipul de bandă, seria de fabricație etc. Apare deci o „față activă" și la benzile masive.

Imediat după aplicarea soluției, banda trebuie lipită pe sectorul uns în așa fel, încît marginile ambelor capete să formeze o linie dreaptă. Locul de îmbinare se presează puternic, circa 10 s. După 20—30 s, lipitura se usucă și banda poate fi întinsă fără să se deslipească. Soluțiile de lipit trebuie folosite cu grijă. Stropirea benzilor cu soluții de lipit duce la dizolvarea stratului magnetic și la deteriorarea benzii.

Dăm mai jos două compoziții pentru soluții de lipit benzi de tip Agfa C :

1. —	Nitroceluloză	10 g
	Acetonă	480 g
	Metilglucolacetat	580 g
2. —	Acetat de metil	25 g
	Metanol	25 g
	Acid acetic glacial	25 g
	Metilglucolacetat	25 g

Soluțiile de lipit sînt adaptate la tipul de bandă dat și nu pot fi folosite pentru alte tipuri de benzi. Soluția trebuie aplicată pe capătul de bandă în cantitate corespunzătoare. Ungerea prea slabă a suprafeței dă o lipitură slabă, pentru că lichidul nu atacă și nu dizolvă suficient materialul benzii. Aplicarea

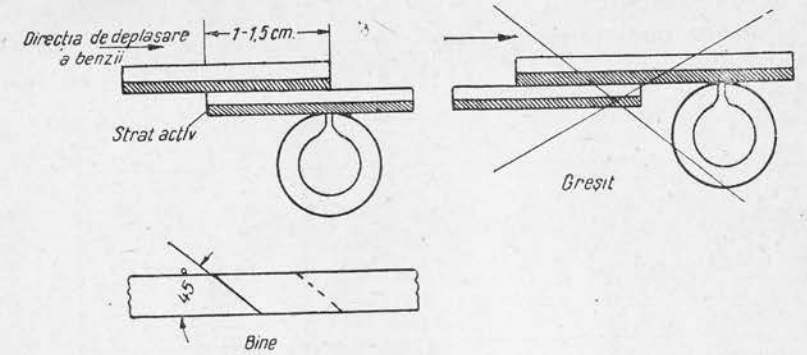


Fig. X-6. Lipirea benzilor prin suprapunere.

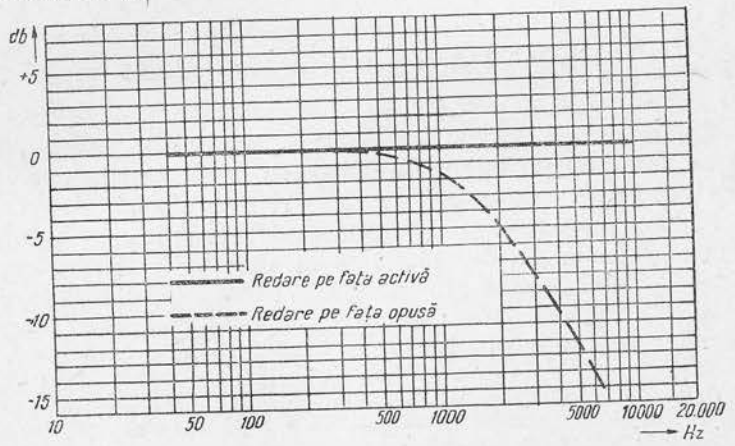


Fig. X-7. Atenuarea produsă la redarea unei benzi *L* extra pe partea neînregistrată.

unei cantități prea mari de soluție întîrzie uscarea lipiturii și banda se deformează la locul de îmbinare. Astfel de lipituri provoacă fluturarea benzii în fața capetelor.

În cazul unor ruperi de bandă accidentale, chiar într-o porțiune înregistrată, pentru a evita întreruperea semnalului, benzile nu pot fi lipite prin suprapunere și trebuie folosită o bandă gumată.

Banda gumată se aplică pe partea neactivă pe o lungime de 1—1,5 cm și trebuie bine presată pe bandă. Marginile se taie exact după lățimea benzii.

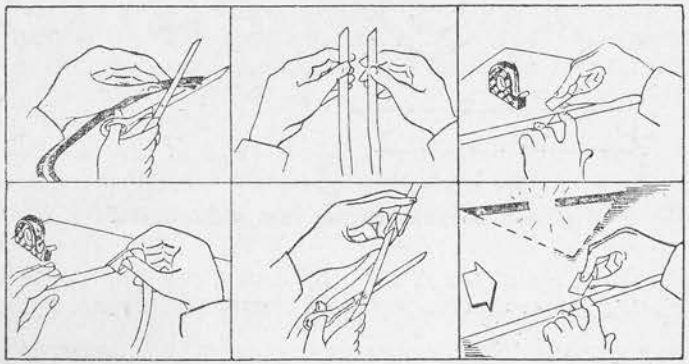


Fig. X-8. Lipirea benzilor cu bandă gumată.

Banda gumată poate fi folosită și la lipituri curente. Benzile se taie sub un unghi de 45° și se lipesc cap la cap (fig. X-8). Procedeul este valabil pentru orice tip de bandă.

Pentru marcarea începutului și sfîrșitului unui program înregistrat se lipesc pe bandă, la început și la sfîrșit, capete de bandă nemagnetică din materiale plastice. Capătul care se lipește la începutul benzii este de culoare albă, are o lungime de 2—2,5 m și servește pentru marcarea datelor principale referitoare la înregistrarea făcută : conținutul, titlul, data înregistrării etc. Marcarea se face cu creionul sau cu mașina de scris.

Capătul care se lipește la sfîrșitul benzii are altă culoare, de exemplu albastră sau verde, și trebuie să aibă o lungime de 1 m. Capetele de bandă nemagnetică se lipesc la o distanță de 40—50 cm de la începutul, respectiv sfîrșitul programului înregistrat.

După terminarea operațiilor de decupare, benzile se pun în cutii speciale de carton prevăzute cu etichete, pe care sînt

marcate datele referitoare la conținutul înregistrării. Benzile astfel ambalate se păstrează în încăperi special amenajate în acest scop.

5. COPIEREA BENZILOR

Pentru multiplicarea unui program înregistrat pe o bandă se folosesc instalații de copiere.

Aceste instalații cuprind în mod obișnuit două magnetofoane, din care unul servește pentru redarea programului înregistrat pe banda originală și celălalt pentru înregistrarea lui

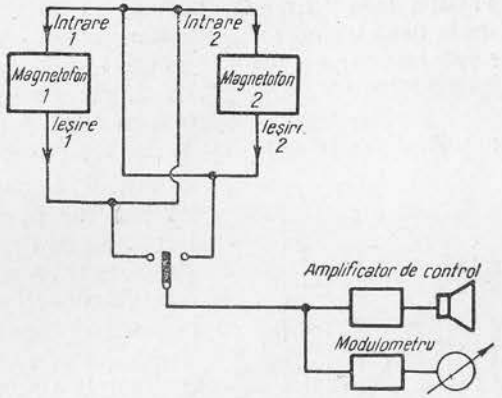


Fig. X-9 Circuit pentru copierea benzilor.

pe o altă bandă. Într-o cameră de copiere sînt prevăzute circuite de control auditiv și optic. Pentru un control comparativ, circuitele de control pot fi comutate succesiv pe ieșirea ambelor magnetofoane (fig. X-9).

Timpul necesar pentru obținerea unei copii este egal cu durata programului înregistrat pe banda originală la care se adaugă timpul de pregătire necesar pentru efectuarea operațiilor auxiliare (așezarea benzilor, derularea etc.).

Reducerea timpului necesar pentru copierea benzilor de magnetofon este o problemă care nu a fost încă soluționată în mod satisfăcător. Una din soluții ar fi următoarea : în timpul necesar pentru obținerea unei singure copii, se pot efectua mai multe exemplare, folosind mai multe magnetofoane care

înregistrează simultan programul original. Aceste instalații sînt însă incomode și folosesc în mod nerațional un număr mare de aparate.

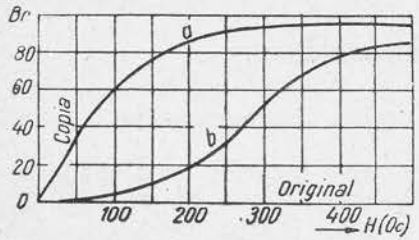


Fig. X-10. **Variația inducției remanente copiate în două ipoteze :**
a — cu cîmp de înaltă frecvență : *b* — fără cîmp de înaltă frecvență.

Pentru reducerea timpului de copiere, s-au construit instalații speciale. Instalația se compune dintr-un amplificator de redare, un cap de redare, un amplificator de înregistrare, care alimentează opt capete de înregistrare legate în paralel și un motor, care antrenează printr-un ax comun opt benzi cu aceeași viteză. Se obțin astfel opt copii în timpul necesar pentru obținerea unei singure copii cu procedee obișnuite, — însă aparatul folosit este mai simplu iar operațiile auxiliare se pot efectua într-un timp mai scurt decît la metoda descrisă înainte. O reducere suplimentară a timpului de copiere s-a realizat la unele din aceste instalații prin antrenarea benzilor — cu o viteză de patru ori mai mare decît viteza normală de lucru. Folosirea vitezelor mari de deplasare a benzilor cere corecții speciale la amplificatorul de înregistrare. De asemenea, frecvența curentului de polarizare trebuie să fie foarte înaltă. Pentru evitarea pierderilor în fier, care cresc cu frecvența, capetele folosite în aceste instalații trebuie să aibă o construcție specială din tablă foarte subțire, ceea ce duce la uzarea lor rapidă.

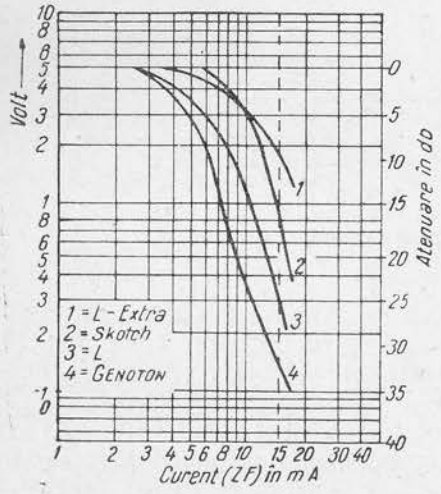


Fig. X-11. Atenuarea de ștergere, datorită acțiunii repetate a unui cîmp de înaltă frecvență, pentru diferite tipuri de benzi.

Un alt procedeu utilizat pentru copierea benzilor — folosește efectul de copiere puternic care apare atunci cînd două benzi suprapuse sînt stăbătute de un cîmp exterior alternativ. Se folosește un cîmp de înaltă frecvență, care este aplicat benzilor suprapuse și care are rolul de cîmp de polarizare.

În fig. X-10 sînt reprezentate curbele inducției remanente, care se obține pe o bandă demagnetizată, cînd aceasta aderă strîns de o bandă cu program, în două ipoteze: curba *b*, fără cîmp suplimentar de înaltă frecvență și curba *a*, cînd benzile sînt străbătute de un cîmp suplimentar de înaltă frecvență.

Banda originală supusă acțiunii cîmpului de înaltă frecvență va fi însă ștearsă parțial. Dacă banda parcurge de mai multe ori cîmpul de înaltă frecvență, intensitatea acestuia fiind constantă atenuarea modulației prin ștergere ajunge la o valoare constantă, deci valoarea remanenței magnetice a înregistrării nu se mai micșorează. Cîmpul de înaltă frecvență, folosit în procesul de copiere prin suprapunere, trebuie să aibă o valoare suficientă pentru copiere, dar nu prea mare, pentru a nu produce o atenuare prea mare, prin ștergere, a benzii originale.

Folosind acest procedeu de copiere, va trebui să alegem pentru înregistrarea originală benzi cu o forță coercitivă mare — care se șterg greu și au punctul optim de funcționare la valori mici ale curentului de polarizare.

În fig. X-11 sînt reprezentate atenuările de ștergere ale diferitelor tipuri de benzi, supuse acțiunii unui cîmp de înaltă frecvență. Dacă se folosește pentru înregistrarea originală banda L-extra, la un curent de înaltă frecvență de 15 mA (ceea ce corespunde curentului optim de polarizare), rezultă o atenuare de ștergere de 9—10 db. Această atenuare poate fi compensată folosind la înregistrare un nivel mai mare.

Pentru a evita distorsiunile de frecvență datorite atenuării frecvențelor înalte pe banda copiată, la înregistrarea benzii originale se ridică frecvențele înalte cu o valoare corespunzătoare. Pentru a mări numărul de copii la o singură deplasare a originalului, se folosesc mai multe puncte de contact între benzile ce se copiază și original (fig. X-12), aplicînd în fiecare punct de contact cîmpuri separate de înaltă frecvență.

Avantajele pe care le prezintă acest procedeu de copiere sînt următoarele : construcție mecanică simplă, eliminarea amplificatoarelor, a capetelor de redare și de înregistrare, cum și faptul că nu este nevoie de o viteză constantă a deplasării benzilor. Viteza de copiere poate fi mărită de 8—10 ori față de

viteza normală de înregistrare și depinde de frecvența cîmpului de înaltă frecvență care se alege de circa 150—200 kHz.

6. ÎNTREȚINEREA MAGNETOFOANELOR

Funcționarea normală a magnetofoanelor, ținînd seamă de cerințele radiodifuziunii, poate fi asigurată numai printr-o

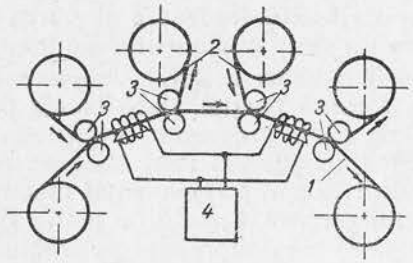


Fig. X-12. Copiere prin suprapunere:
1 — bandă ; *2* — bandă de copiat ; *3* — role de strîngere ; *4* - generator de înaltă frecvență.

întreținere judicioasă și prin verificări preventive periodice ale elementelor componente ale instalației.

În studiourile radiodifuziunii sovietice au fost stabilite norme de întreținere, procedee de verificare și grafice de revizii preventive zilnice și lunare a căror aplicare, la radiodifuziunea romînă, a dus la reducerea simțitoare a numărului de defecțiuni și la mărirea timpului de funcționare a instalațiilor.

Întreținerea instalațiilor de înregistrare magnetică cuprinde următoarele operații principale : verificări zilnice, verificări periodice și reparații.

Aceste operații se execută pe baza unor grafice de revizii și a normelor de întreținere specifice pentru fiecare tip de magnetofon.

Verificarea zilnică cuprinde controlul performanțelor principale și cîteva operații de întreținere curentă, necesare pentru a asigura buna funcționare a aparatelor în ziua respectivă. Verificarea periodică cuprinde toate operațiile verificării zilnice și, în plus, măsurarea tuturor performanțelor mecanice și electrice, cum și înlocuirea pieselor uzate.

Reparațiile care necesită un timp mai îndelungat și unelte speciale (strunjirea axelor, rebobinarea motoarelor etc.) se execută în ateliere special utilate, de către un personal cu calificarea necesară.

În cele ce urmează se descriu metodele de verificare zilnică sau periodică a unei instalații de înregistrare magnetică, folosită în studiourile de radiodifuziune.

Măsurile necesare se execută cu metodele indicate în capitolul IX.

a) Verificarea traseului benzii

Această operație constă în verificarea distanței dintre bandă și șasiu și verificarea aderenței benzii de capete. Verificarea care se face cu o bandă de 1 000 m, trebuie executată întîi fără blocul de capete, apoi cu blocul de capete fixat în lăcașul său. La comanda „redare" fără blocul de capete, distanța benzii față de placa șasiului nu trebuie să se modifice. Distanța dintre marginea benzii și placa șasiului trebuie să fie aceeași în toate punctele traseului. Deplasînd banda în sus și în jos, printr-o atingere ușoară cu mîna, ea trebuie să revină în poziția normală, după îndepărtarea mîinii. Dacă poziția benzii față de șasiu se modifică, banda avînd tendința de a aluneca în sus sau în jos între rola presoare și bucșa de antrenare, trebuie să se verifice dacă bucșa de antrenare și rola presoare sînt perpendiculare pe șasiu și perfect paralele între ele.

Din cauza frecărilor dintre bandă și rola presoare, aceasta din urmă se deformează. În punctele de frecare se formează un șanț în cauciucul rolei presoare. Această defecțiune se înlătură prin șlefuirea periodică a rolei presoare, ceea ce previne o deformare excesivă a cauciucului.

Bucșa de antrenare este și ea supusă uzurii datorită frecării benzii. Uzura se măsoară cu ajutorul unui micrometru. Dacă uzura diametrului bucșei de antrenare depășește 20 μ, ea trebuie înlocuită.

O a doua verificare a traseului bucșei se face după ce s-a fixat blocul de capete noi. În deplasarea ei, banda trebuie să adere strîns de suprafața capetelor. Banda trebuie să treacă prin fața rolelor de ghidare fără să se sprijine pe rondelele acestora și trebuie să acopere capetele astfel încît să rămînă o margine vizibilă de 0,25 mm în partea superioară și inferioară a capetelor.

În caz de nevoie, traseul benzii se reglează prin fixarea poziției motoarelor, a suporților, a rolelor de ghidare și a rolelor cu volant.

Banda trebuie să fie bobinată strîns, iar suprafața ruloului de bandă după bobinare trebuie să fie netedă. Abaterile de la această regulă provin din cauza mersului neuniform al motoarelor de bobinare, frînării insuficiente sau ajustării greșite a traseului benzii.

b) Reglarea și verificarea presiunii rolei presoare

Banda este antrenată prin presiunea pe care o exercită rola presoare asupra bucșei de antrenare. Dacă această presiune este prea slabă, banda alunecă între rola presoare și bucșa de antrenare. Viteza de deplasare a benzii începe să varieze, întrucît ea nu mai este controlată de bucșa de antrenare, iar banda este supusă forței, pe care o exercită motoarele de înfășurare ; această forță variază cu diametrul rulourilor. O presiune prea mare a rolei presoare asupra bucșei de antrenare, cuplată direct sau indirect cu motorul de antrenare, poate modifica regimul de funcționare al acestuia, dacă sarcina la care este supus motorul depășește limitele admise. Turația motorului nu mai este constantă, apar variații de viteză.

Presiunea rolei presoare se reglează prin arcuri reglabile sau prin arcuri fixe și ajustarea unor șaibe limitatoare (v. fig. VI-2).

Verificarea reglajului se face cu un dinamometru. Valoarea medie a forței presoare este 50—100 g.

Iată o metodă practică de reglare :

— se defrînează motorul de antrenare și se întrerupe alimentarea lui de la rețea ;

— se pune o bandă cu o lungime de 1—2 m, între rola presoare și bucșa de antrenare;

— se reglează presiunea rolei presoare, pînă cînd, trăgînd banda cu mîna, aceasta nu mai alunecă între rola presoare și bucșa de antrenare, ci le antrenează pe amîndouă.

c) Reglarea și verificarea frînelor

Prin diferite sisteme de frînare, se obține întinderea necesară a benzii în timpul desfășurării acesteia (v. cap. „Mecanisme").

Verificarea frînelor se face măsurînd tensiunea din bandă cu ajutorul unui dinamometru, la începutul, la mijlocul și la

sfîrșitul unui rulou de bandă de 1 000 m. Un dinamometru simplu este reprezentat în fig. X-13, și se compune dintr-o tijă gradată fixată cu un arc în interiorul unui tub metalic.

Măsurarea se face în două puncte : între platanul din

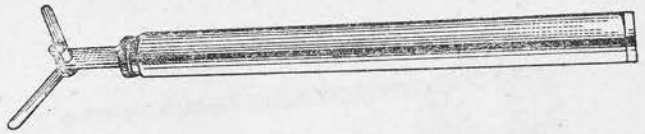


Fig. X-13. Dinamometru pentru măsurarea tensiunii din bandă.

stînga și rola cu volant și între bucșa de antrenare și platanul din dreapta. Banda este trasă pe rola fixată de tija dinamometrului, pînă ce formează un unghi drept, cu laturile paralele cu brațele furcii montate pe tijă (fig. X-14).

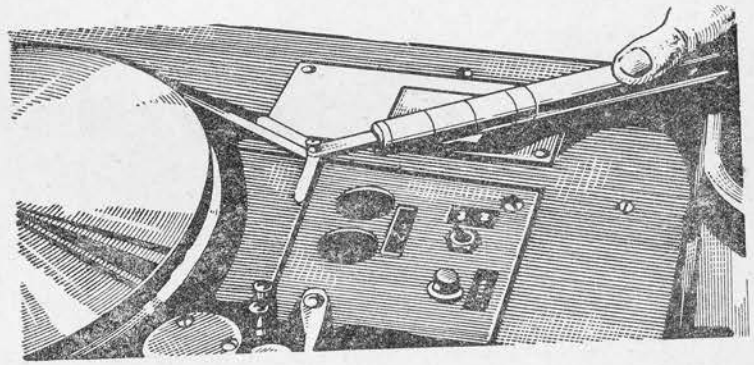


Fig. X-14 Măsurarea tensiunii din bandă cu ajutorul unui dinamometru.

Tensiunea din bandă nu trebuie să fie prea mare, pentru a evita deformarea sau *alunecarea ei între rola presoare și bucșa de antrenare.* O tensiune insuficientă în bandă are însă ca urmare formarea unor bucle și o aderență slabă a benzii pe capete.

Tensiunea necesară din bandă depinde de construcția magnetofonului și de viteza de deplasare. Pentru magnetofoane cu viteza de 76,2 cm/s valoarea este de circa 150—250 g.

Frînele care blochează mecanismul de antrenare a benzii la comanda „oprire", trebuie reglate astfel încît :

— să se obțină oprirea mecanismului de antrenare într-un timp minim,

— să fie evitate șocuri puternice în bandă, care ar duce la deformarea ei,

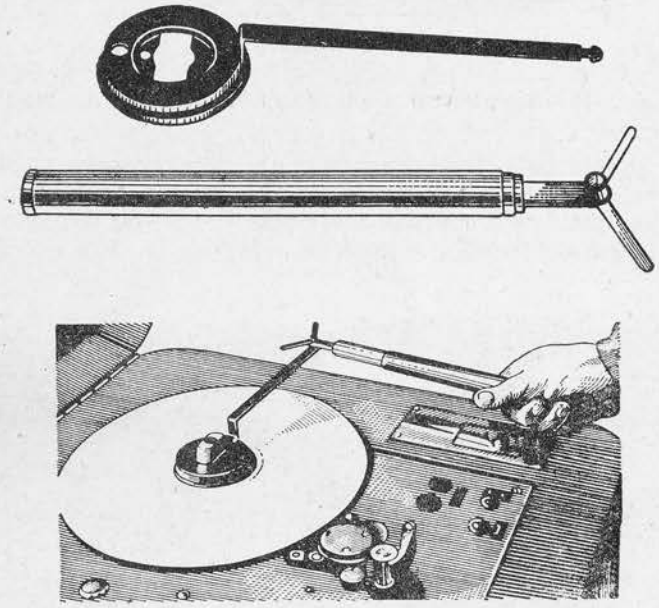


Fig. X-15. Dinamometru adaptat pentru măsurarea momentului de frînare.

— banda să nu formeze bucle cu ocazia blocării mecanismelor de antrenare,

— prin slăbirea frînelor, acestea să elibereze complet mecanismele de antrenare.

Aceste condiții sînt îndeplinite dacă momentul de frînare este același la ambele motoare de înfășurare.

Momentul de frînare se măsoară cu ajutorul dinamometrului descris mai sus, la care se adaptează o pîrghie cu lungimea de 20 cm (v. fig. X-15). Indicația citită pe tija dinamo-

metrului trebuie multiplicată cu lungimea brațului adaptat, exprimată în centimetri.

La magnetofoane cu viteza de 76,2 cm/s momentele de frînare variază între 1 000—1 500 g.cm.

d) Verificarea finală a sistemului de antrenare a benzii

Se verifică funcționarea normală a tuturor comenzilor cu o bandă de 1 000 m. Timpul necesar pentru bobinarea și rebobinarea benzii nu trebuie să depășească 2 min.

Se înregistrează un semnal de 1 000 Hz la începutul, la mijlocul și la sfîrșitul benzii. Durata de înregistrare este de 1 min. Această înregistrare servește atît pentru aprecierea gradului de variație de viteză cît și pentru verificarea vitezei medii de deplasare a benzii.

Măsurarea variației de viteză cerînd un aparataj complex de măsurare (v. cap. IX), pentru verificări zilnice se consideră suficient un control auditiv. Dacă la redarea unui sunet pur de 1 000 Hz sau a unei înregistrări cu pian care are și note prelungite nu se poate observa o pendulare a sunetului, calitatea magnetofonului este satisfăcătoare.

Abaterile de la viteza medie de deplasare a benzii nu pot fi observate în timpul înregistrării. Abia la o redare ulterioară pe un alt magnetofon, se constată că viteza magnetofonului pe care s-a efectuat înregistrarea diferă de viteza nominală. Pentru evitarea unor înregistrări defectuoase va trebui verificată viteza de deplasare a benzii la începutul, la mijlocul și la sfîrșitul unui rulou de bandă de 1 000 m, cu ajutorul unui disc stroboscopic montat pe o rolă în traseul benzii și antrenat de aceasta.

Discul stroboscopic este împărțit în sectoare albe și negre. Numărul minim al sectoarelor este dat de relația :

$$n = \frac{2\pi df}{v}, \text{ deci } d = \frac{vn}{2\pi f},$$

în care n este numărul sectoarelor ;

f — frecvența rețelei, în Hz ;

d — diametrul rolei, în cm ;

v — viteza de deplasare a benzii, în cm/s.

Abaterile de la viteza medie de deplasare se datoresc mai ales presiunii insuficiente a presorului, sarcinii prea mari a

motorului de antrenare (în cazul motoarelor asincrone. datorite, de exemplu, frînării excesive a benzii în timpul mersului și variației frecvenței rețelei de alimentare).

Determinarea cauzelor variațiilor instantanee de viteză este dificilă. Un indiciu prețios la determinarea acestor cauze este frecvența de vobulare (v. cap. VI „Mecanisme"). Dacă frecvența de vobulare coincide cu turația unuia din elementele mecanismului de antrenare a benzii, se poate conclude că dereglarea acestui element este cauza pendulării vitezei de deplasare a benzii.

Excentricitatea pieselor rotitoare și mai ales a bucșei de antrenare trebuie măsurată periodic cu ajutorul *comparatorului.*

e) Verificarea canalelor de redare și înregistrare

Controlul periodic al performanțelor canalelor de redare și înregistrare se impune din cauza uzurii treptate la care sînt supuse capetele magnetice, cît și din cauza reducerii dinamicii magnetofonului, datorită fie creșterii treptate a zgomotului de fond a tuburilor, fie magnetizării treptate sau accidentale a capetelor sau a altor piese metalice care sînt în contact cu banda.

Fig. X-16. Demagnetizator pentru demagnetizarea pieselor metalice (fără înveliș protector).

Înainte de a verifica canalele electroacustice ale magnetofonului, capetele trebuie demagnetizate ca o măsură de precauție.

Capetele se demagnetizează cu ajutorul unui demagnetizator, alimentat de la rețea. Demagnetizatorul se compune dintr-o bobină care are un miez de fier cu secțiunea de 4—5 cm^2, pe carcasa căruia se bobinează 800 spire cu o sîrmă cu diametrul de 0,8 mm. Bobina se montează pe un mîner de lemn (fig. X-16) și se acoperă cu un capac de carton.

Pentru a demagnetiza capetele, demagnetizatorul se apropie și se depărtează de mai multe ori de fiecare cap în parte.

O metodă mai comodă și mai eficace este introducerea capului într-un circuit, alimentat de la rețea, în care circulă un curent variabil de la zero la 150 mA.

În timpul demagnetizării blocul de capete va trebui scos din circuitul normal, pentru a evita inducerea unor tensiuni

inadmisibile în transformatorul de intrare al amplificatorului de redare.

De asemenea, vor trebui demagnetizate și piesele metalice de oțel, care vin în contact cu banda, mai ales bucșa de antrenare, care este expusă la influența cîmpurilor magnetice ale motoarelor și releelor.

În timpul operațiilor de demagnetizare trebuie evitat ca demagnetizatorul să ajungă în apropierea unor benzi pe care sînt înregistrate programe.

Demagnetizarea capetelor și a celorlalte piese feromagnetice care vin în contact cu banda, constituie o măsură preventivă care trebuie efectuată o dată sau chiar de două ori în timpul unei zile de lucru.

Performanțele magnetofoanelor folosite în studiourile de radiodifuziune, la radioficare și la alte instalații profesionale, trebuie verificate zilnic. Această verificare, care trebuie făcută înainte de începutul zilei de lucru, constă din cîteva probe din care trebuie să rezulte starea de funcționare a magnetofonului și măsurile necesare pentru înlăturarea eventualelor defecțiuni.

Remedierea defecțiunilor observate la canalele de redare și de înregistrare este mult ușurată prin întocmirea unei fișe care conține :

— diagramele de nivel ale instalației,
— tensiunile de alimentare a tuburilor.
— caracteristica de frecvență a amplificatorului de redare și înregistrare,
— nivelurile după fiecare etaj de amplificare la frecvența medie (1 000 Hz) și la cele două frecvențe limită.

În această fișă, care trebuie întocmită cu ocazia recepționării instalației, vor trebui consemnate defecțiunile constatate, măsurile de remediere și eventualele modificări efectuate în cursul exploatării.

La redare, nivelul și curba de răspuns se verifică în banda de referință. Pozițiile regulatoare de nivel și de corecție însemnate în fișa de exploatare după reglarea canalelor nu trebuie schimbate în timpul exploatării.

Scăderea nivelului la redarea frecvenței de 10 000 Hz trebuie compensată în primul rînd prin ajustarea traseului benzii și a poziției întrefierului. Compensarea prin ridicarea amplificării frecvențelor înalte mărește zgomotul de fond, care se manifestă ca un fîșîit supărător.

Pentru compensarea zgomotului datorit cîmpurilor parazite induse în capul de redare sau în circuitul de intrare al amplificatorului. se folosesc mai multe metode. Cea mai simplă metodă de compensare a cîmpului parazit cules de capul de redare constă în înserierea unei spire în circuitul capului de redare. Spira, amplasată în apropierea capului de redare, poate fi deplasată în orice direcție printr-un sistem de pîrghii încrucișate. La o anumită poziție a spirei, care se găsește prin mai multe încercări, forța electromotoare care ia naștere în spiră datorită cîmpului perturbator este egală ca mărime și de sens opus cu forța electromotoare care ia naștere în înfășurarea capului de redare. Totuși, reglarea este anevoioasă și nu dă totdeauna rezultate satisfăcătoare.

Un alt sistem de compensare a zgomotului indus de rețea este aplicarea unei tensiuni de 50 Hz la grila de comandă a primului tub al amplificatorului de redare : această tensiune este în antifază și egală cu tensiunea indusă de cîmpurile parazite culese de capul de redare. Reglajul este mai stabil și mai ușor de efectuat decît reglajul spirei de compensare.

La unele tipuri de magnetofoane s-au putut elimina sistemele reglabile de compensare a zgomotului de sector prin anumite măsuri constructive. Reglajul zgomotului este făcut în acest caz de fabrică, orientînd astfel motoarele și celelalte elemente generatoare de cîmpuri, încît să rezulte o compensare a cîmpurilor în spațiul de amplasare a capului. Prin slăbirea unor cleme de fixare, motoarele pot fi rotite în jurul unui ax, pînă ce se obține zgomotul minim. Acest reglaj este valabil atît timp cît nu intervin schimbări în magnetofon prin înlocuirea unui motor defect sau a unui cap uzat. În acest caz trebuie procedat la o nouă reglare a zgomotului de sector prin orientarea corespunzătoare a motoarelor.

De obicei, conectarea magnetofoanelor la rețea se face între fază și nul, deci asimetric. Reglajul zgomotelor este valabil pentru un anumit sens de conectare a instalației la rețea. Modificarea conectării la rețea (prin inversarea fișei de alimentare) poate modifica zgomotul de sector. Sensul de conectare la rețea pentru care s-a făcut compensarea trebuie să fie însemnat, pentru ca conectarea să fie făcută totdeauna în același sens. Aceeași regulă trebuie respectată și la conectarea motoarelor și a releelor la sursa de alimentare. La înlocuirea unui motor cu altul nou sau reparat, trebuie ales sensul de conectare pentru care rezultă un zgomot minim.

Poziția ecranului capului de redare are și ea influență asupra zgomotului de sector. Prin slăbirea șurubului de fixare a ecranului, acesta poate fi rotit cu un unghi de cîteva grade în ambele direcții.

Magnetofoanele trebuie conectate la o priză de pămînt eficace și trebuie amplasate departe de tablourile de distribuție — de lumină sau de forță.

Este important ca la înlocuirea tuburilor, să se aleagă tuburi cu zgomot propriu redus.

Pentru verificarea canalului de înregistrare se folosește o bandă neînregistrată sau complet demagnetizată. Ca sursă de modulație poate servi un generator de ton sau partea de redare a unui alt magnetofon reglat care redă banda de referință.

Canalul de înregistrare se verifică după ce s-a verificat și reglat în prealabil canalul de redare. Dacă se face verificarea chiar în timpul operației de înregistrare, valorile citite pe voltmetrul electronic conectat la ieșirea amplificatorului de redare pot fi eronate din cauza influenței directe a cîmpului de polarizare asupra capului de redare (inducție). La verificarea canalului de înregistrare, măsurarea nu trebuie efectuată concomitent cu înregistrarea. După înregistrarea semnalelor primite de la generator sau de la ieșirea unui alt magnetofon se rebobinează banda și apoi se redă.

Nivelul, curba de răspuns și nivelul perturbator al canalului de înregistrare se verifică cu procedeele stabilite (v. cap. IX). În ceea ce privește poziția regulatoarelor de nivel și de corecție sînt valabile considerentele expuse mai sus, la verificarea canalului de redare.

Compensarea atenuării semnalelor de frecvențe înalte, la înregistrare, trebuie încercată în primul rînd prin reglarea poziției întrefierului capului de înregistrare față de direcția de deplasare a benzii.

O metodă de verificare simplă și concludentă a poziției întrefierului capului de înregistrare și a celui de redare față de direcția de deplasare a benzii este următoarea : pe o bandă se înregistrează un semnal cu frecvența de 10 000 Hz cu durata de 1 min și cu nivelul de — 20 db. Se notează nivelul indicat de voltmetrul electronic conectat la ieșirea amplificatorului de redare. Ruloul cu bandă se scoate de pe platanul din dreapta și se fixează pe platanul din stînga, astfel ca banda să fie redată de la sfîrșit spre început. Nivelul indicat de voltmetrul electronic la această a doua redare, trebuie să fie identic cu

nivelul obținut la prima redare a benzii. În acest caz, poziția întrefierului este corectă. Dacă se obțin niveluri diferite la cele două redări, este evident că poziția întrefierului capului de înregistrare sau celui de redare nu este perfect perpendiculară pe direcția de deplasare a benzii.

La verificarea canalului de înregistrare trebuie să se țină seama de rezultatele obținute la verificarea canalului de redare. Dacă nivelul perturbator al canalului de redare este, de exemplu de 48 db (ceea ce poate fi tolerat în anumite condiții) la măsurarea nivelului perturbator al canalului de înregistrare nu se va putea obține mai puțin de — 48 db, cu toate că în realitate zgomotul canalului de înregistrare ar putea fi mai mic.

Magnetofoanele folosite pentru înregistrare vor trebui verificate cu atenție. O înregistrare defectuoasă nu mai poate fi remediată decît prin repetarea înregistrării, ceea ce în multe cazuri nu este posibil. La ivirea unor defecțiuni în timpul unei înregistrări se poate continua înregistrarea numai dacă avem certitudinea că defecțiunea nu se găsește în canalul de înregistrare ; în caz contrar, înregistrarea trebuie continuată pe un alt magnetofon.

Nivelul zgomotului perturbator al canalului de înregistrare trebuie verificat cu atenție deosebită. Creșterea acestuia poate fi datorată mai multor cauze:

— magnetizarea capului de înregistrare,

— contact imperfect între bandă și capul de înregistrare sau de ștergere.

— uzarea tuburilor amplificatorului de înregistrăre,

— filtrarea insuficientă a tensiunilor de alimentare,

— un curent de ștergere de valoare prea mică,

— asimetria formei curenților generați de oscilatorul de înaltă frecvență.

Tensiunea anodică se conectează la amplificatorul de înregistrare și la generatorul de înaltă frecvență printr-un contact acționat de butonul de comandă „înregistrare". Pentru evitarea unor manevre greșite care ar putea avea ca urmare ștergerea nedorită a unui program înregistrat, se iau diferite precauții : blocarea mecanică a butonului de comandă „înregistrare", comandarea înregistrării prin două manevre simultane, semnalizări optice etc.

Este necesară o verificare periodică a sistemului de blo-

care a înregistrării, a contactelor claviaturii de comandă, a cheilor de comutare, a releelor etc. Izolația insuficientă între lamele de contact, murdărirea și oxidarea contactelor sau dereglarea lor mecanică are ca urmare formarea unor scîntei, ale căror cîmpuri pot pătrunde în canalele de redare și înregistrare și se manifestă prin pîrîieli sau pocnituri.

Lamele de contact ale claviaturii, ale cheilor de comutare, ale releelor, trebuie curățite cu spirt rafinat și cu o lamă spe-

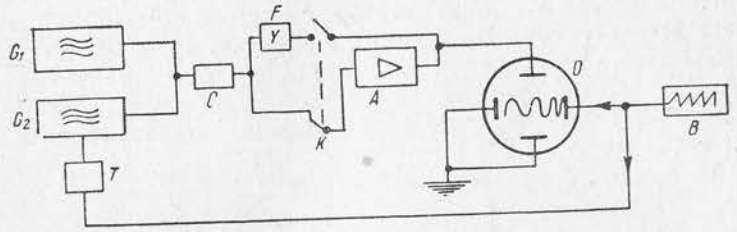


Fig. X-17. Schema bloc a unei instalații utilizate pentru verificarea curbei de răspuns.

cială de oțel. Curățirea cu pila sau cu hîrtie emeri nu este admisă. În unele cazuri este necesar un circuit de stingere a scînteilor care se formează între contacte, circuit compus dintr-un condensator de 0,1 μF în serie cu o rezistență de 100 Ω legate paralel pe contactul respectiv.

La ridicarea curbei de răspuns a unui amplificator, trebuie să luăm în considerare că circuitele de corecție se pot influența reciproc. De aceea, acționînd asupra unui circuit de corecție, trebuie verificată din nou întreaga curbă de răspuns a amplificatorului. Această verificare trebuie repetată uneori de mai multe ori, ceea ce necesită mult timp. Pentru a elimina acest neajuns s-a construit un aparat de măsurat, format dintr-un generator de ton modulat în frecvență și un osciloscop catodic (fig. X-17).

Generatorul de ton se compune din două generatoare de înaltă frecvență (circa 200 kHz) G_1 și G_2, dintre care unul cu frecvență variabilă (G_2). Semnalul de audiofrecvență este rezultatul bătăilor dintre semnalele produse de cele două generatoare. Frecvența generatorului G_2 și deci frecvența audio este determinată de tubul de reactanță T, montat în circuitul acordat al generatorului G_2. Reactanța tubului T este, la rîndul ei, comandată de generatorul de baleiaj B al osciloscopului ca-

todic O. Astfel, reactanța tubului și, deci, frecvența semnalului audio destinat măsurărilor, variază în ritmul bazei de timp a osciloscopului, parcurgînd spectrul de audiofrecvență în perioada de baleiaj. Bătăile se obțin în circuitul neliniar *C*, de unde se trimit la aparatul *A* care urmează să fie măsurat (amplificator, canal de înregistrare-redare etc.). Semnalul de ieșire al acestui aparat produce deflecția verticală a fasciculului electronic al osciloscopului ; pe ecranul acestuia apare o figură, a cărei învelitoare este curba de răspuns a aparatului. Filtrul *F*, care poate elimina două frecvențe fixe (de obicei 1 000 Hz și 10 000 Hz) servește, împreună cu cheia *K*, la gradarea scării axei absciselor pe ecranul osciloscopului (axa frecvențelor). Cu această instalație operația se efectuează în cîteva minute.

Ecranul tubului catodic este etalonat pe orizontală în Hz și pe verticală în db.

f) Întreținerea motoarelor

Întreținerea curentă a motoarelor constă în ungerea lor în intervale de timp indicate de fabrică și, în cazul motoarelor cu colector, în curățirea periodică a colectoarelor și în ungerea regulatoarelor centrifugale ale frînelor.

Motoarele cu lagăre de fricțiune sînt prevăzute cu canale de ungere. Pentru ungerea motoarelor trebuie folosite numai uleiuri de cea mai bună calitate și cu viscozitate corespunzătoare.

După un anumit număr de ore de funcționare — în medie 2 000—3 000 ore — lagărele cu fricțiune trebuie înlocuite.

Demontarea și montarea rotorului cere atenție și trebuie executată de personal calificat. Centrarea rotorului față de stator se face cu ajutorul unor lame de oțel calibrate. Pentru răcirea motorului, sînt montate pe axul rotorului palete de ventilare. La unele motoare aceste palete sînt executate din fontă avînd și rolul de volante. De aceea, după demontarea și montarea acestor ventilatoare, rotorul va trebui echilibrat.

Lagărele cu rulmenți se ung cu vaselină după circa 5 000 ore de funcționare. Ungerea se face cu pompe.

O încălzire excesivă a motoarelor trebuie evitată prin asigurarea unei ventilații suficiente.

CAPITOLUL XI

APLICAȚIILE ÎNREGISTRĂRII MAGNETICE

La începutul apariției sale, magnetofonul a fost utilizat numai pentru înregistrarea vorbei și a muziciii, avînd aplicații numai în radiodifuziune și în cinematografie. Datorită însă numeroaselor avantaje ale înregistrăriii magnetice față de alte sisteme de înregistrare, magnetofonul a început să fie folosit treptat și în multe alte domenii, ca : medicină, geologie, automatizări, măsurări etc.

În cele de mai jos, prezentăm cîteva din cele mai importante aplicații ale înregistrării magnetice.

1. MAGNETOFOANE CU BANDA ÎN CIRCUIT INCHIS

Dacă banda magnetică pe care se face înregistrarea se lipește cap la cap formînd un circuit închis, se poate obține la redare repetarea periodică a procesului înregistrat. (Același lucru poate fi obținut cu o sîrmă de oțel). Există mai multe soluții pentru a conduce banda într-un circuit închis. În fig. XI-1 și XI-2 se dau două exemple de astfel de scheme.

În primul caz, banda este condusă de mai multe role. Construcția permite pînă la 10 bucle de bandă, dar sistemul prezintă dezavantajul unei frecări puternice care produce tensiuni mari și întinderea excesivă a benzii.

În exemplul din fig. XI-2, banda este antrenată de o bucșă și intră într-o casetă de lemn ai cărei pereți sînt așezați la o distanță ceva mai mare decît lățimea benzii. În casetă, banda se așază în buclă, iar apoi iese afară și trece pe o rolă auxiliară de întindere unde este presată de o pernă de pîslă pentru a căpăta tensiunea corespunzătoare. Avantajul acestui sis-

tem este numărul redus de role de ghidaj și lungimea relativ mare a benzii (deci posibilitatea înregistrării unui text mai lung).

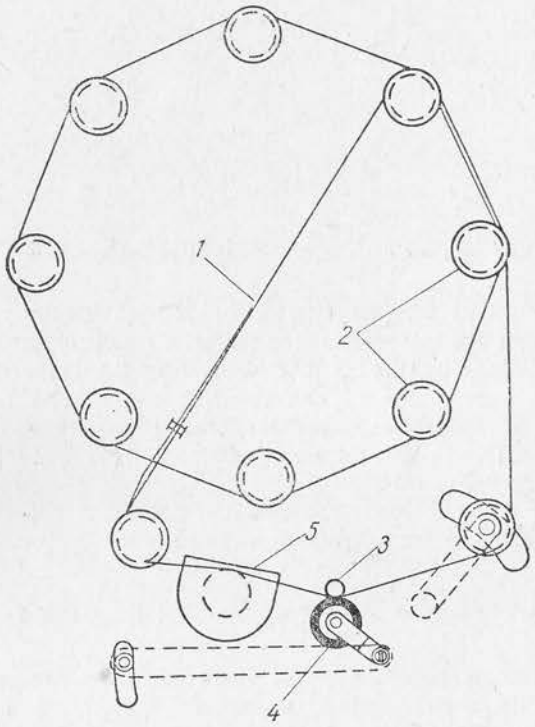


Fig. XI-1 Magnetofon cu bandă în circuit închis:
1 — bandă; *2* — role de ghidaj; *3* — bucșa de antrenare; *4* — presor; *5* — cap.

Magnetofonul cu bandă în circuit închis are aplicații acolo unde este necesar să se redea mereu același text înregistrat de exemplu: într-un muzeu sau la o expoziție, pentru a da explicații referitoare la obiectele expuse, în aparatele care transmit prin telefon diferite informații (de exemplu: ora exactă, timpul probabil), în aparate care trebuie să transmită în mod continuu reclamele unui magazin, semnale de pericol (de exemplu: la apropierea trenului), în tehnica măsurărilor, semnalul de pauză în radiofuziune etc.

Cu ajutorul magnetofonului cu banda în circuit închis se poate executa un control prealabil al programelor radiodifuzate. Astfel, programul ce urmează a fi emis poate să nu fie dirijat direct la stația de radio, ci înregistrat mai întîi pe o bandă în circuit închis și apoi redat spre stație cu o întîrziere de cîteva secunde (după redare banda se poate șterge și apoi înregistra din nou). Intervalul dintre înregistrare și redare poate fi utilizat pentru controlul emisiei. Acest lucru se realizează cu ajutorul unui cap de redare auxiliar montat în circuitul benzii, astfel încît să fie posibilă o redare de control, înainte de redarea în emisie. Procedeul descris se poate aplica la transmiterea programelor direct de la microfon.

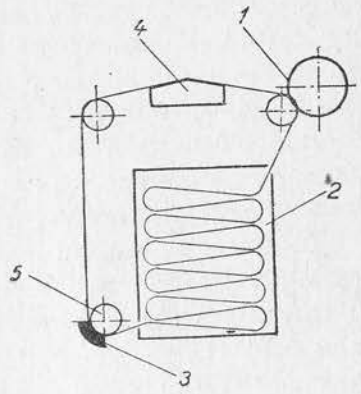


Fig. XI-2. Magnetofon cu bandă în circuit închis:
1 — antrenarea benzii; *2* — casetă; *3* — pernă presoare de pîslă; *4* — bloc de capete; *5* — rolă auxiliară de întindere.

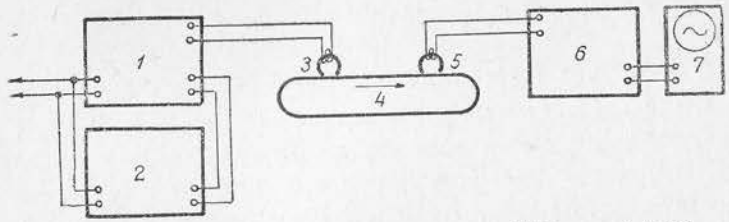


Fig. XI-3. Inlăturarea efectului de ecou multiplu cu ajutorul magnetofonului.

O altă aplicație a magnetofonului cu banda în circuit închis este *sonorizarea sălilor sau a spațiilor mari în aer liber*. Se știe că în asemenea cazuri, apar adeseori efecte neplăcute de „ecou multiplu" provocat de repetarea unor sunete de către diferite difuzoare amplasate în puncte diferite ale sălii sau ale spațiului sonorizat. Acest efect este uneori inevitabil, cu toate precauțiile luate, și se datorește faptului că sunetele emise

simultan de diferite difuzoare, trebuind să străbată distanțe diferite, nu ajung simultan la urechea ascultătorului. Un mijloc costisitor dar eficace pentru remedierea acestei situații este următorul : se construiește o cameră surdă (un tunel cu timpul de reverberație foarte redus) în care se dispun microfoanele M_1 și M_2 (fig. XI-3) la o distanță de difuzorul D egală cu distanța difuzoarelor D_1, D_2 de microfonul M_0 de la tribună. Difuzorul D, așezat la intrarea în tunel este cuplat cu amplificatorul microfonului M_o.

În acest fel, sunetul nu este emis simultan de toate difuzoarele, ci este întîrziat. Întîrzierea produsă de tunel este egală cu timpul necesar sunetului direct pentru a ajunge, prin aer, de la difuzorul D_o, de exemplu, pînă la difuzorul D_1. Difuzorul D_1 produce deci sunetul amplificat în momentul în care ajunge la el sunetul direct și în acest fel sunetele se propagă mai departe împreună, fără a produce efecte de repetare. La construirea tunelului, reflecțiile nedorite și undele staționare se elimină cu ajutorul unui tratament acustic corespunzător. Întreaga instalație implică o investiție mare ; de asemenea, instalația nu este mobilă, fiind deci necesar de a construi cîte una pentru fiecare piață sau alt spațiu ce urmează a fi sonorizat.

O rezolvare mai simplă și mai economică a problemei o constituie utilizarea magnetofonului cu banda în circuit închis. Astfel după cum se vede tot în fig. XI-3 — unde s-au reprezentat cele două soluții una sub alta — difuzoarele primesc program de la un magnetofon cu bandă în circuit închis, prevăzut cu patru capete : unul de înregistrare F, două de redare L_1 și L_2 (desigur se pot utiliza atîtea capete de redare cîte difuzoare sau grupe de difuzoare avem) și unul de ștergere T. Capetele de redare sînt distanțate de capul de înregistrare cu distanțele l_1 și l_2 — proporționale cu distanțele L_1 și L_2. Timpul de întîrziere a sunetului realizat de acest sistem va fi :

$t_1 = \frac{l_1}{v}$ respectiv $t_2 = \frac{l_2}{v}$ în care :

l_1 și l_2 sînt distanțele din figură, în mm,
t_1 și t_2 — timpurile de întîrziere în s,
v — viteza benzii în mm/s.

Pe de altă parte avem :

$t'_1 = \frac{L_1}{V'}$, $t'_2 = \frac{L_2}{V'}$ în care :

L_1 și L_2 sînt distanțele din figură în mm
t'_1 și t'_2 — timpurile de întîrziere a sunetului în spațiul liber în s
V' — viteza de propagare a sunetului în aer.

Cum $t_1 = t'_1$ și $t_2 = t'_2$, rezultă pentru calculul lui l_1 și l_2

$$l_1 = \frac{v}{V'} L_1 \; ; \; l_2 = \frac{v}{V'} L_2 \text{ și}$$

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{L_1}{L_2} \; .$$

Sistemul expus mai sus mai poate fi aplicat și la *fabricarea discurilor de patefon* cu densitate variabilă a șanțurilor.

La fabricarea discurilor, se obișnuește a se stabili între două șanțuri învecinate, un pas *) constant, determinat de semnalul cu cea mai mare amplitudine ce urmează a fi înregistrat. Acest fapt reduce mult durata înregistrării posibile pe un disc normal și reprezintă o utilizare neeconomică a materialului, întrucît în cea mai mare parte a înregistrării, semnalele au amplitudini mai mici, care ar permite o distanță mai mică între șanțuri. Un sistem de înregistrare a discurilor cu *pas variabil* în funcție de semnalul de audiofrecvență realizează în perioadele de lipsă a semnalului un pas minim între șanțuri, iar în perioadele de semnal, un pas variabil, în funcție de amplitudinea acestuia, astfel încît șanțurile învecinate să nu se suprapună nici în cazul unui semnal puternic. Bineînțeles că suportul capului de tăiere a șanțurilor are nevoie de un avans reglabil astfel încît mărirea pasului să aibă loc înainte de apariția semnalului cu amplitudine mare ; însă și șanțul următor trebuie să fie la o distanță mare de cel precedent pentru a evita suprapunerea șanțurilor și distorsiunile (v. fig. XI-4).

*) „pasul" este distanța dintre două șanțuri învecinate

Comanda avansului suportului se poate realiza cu ajutorul unui magnetofon cu banda în circuit închis prevăzut cu un cap de redare suplimentar (*2'*). Avansul suportului este modificat în funcție de amplitudinea semnalului cu ajutorul acestui cap și a unui sistem de comandă (*5—6*) ; distanța dintre șanțuri se mărește înainte ca programul redat cu capul obișnuit (*2*) să ajungă la doza de tăiere. Constanta de timp a sistemului de comandă este astfel calculată, încît distanța mărită dintre

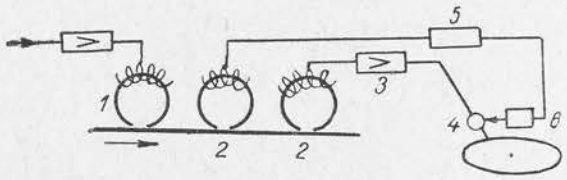


Fig. XI-4. Magnetofonul utilizat la înregistrarea discurilor cu pas variabil:
1 — cap de înregistrare ; *2* — capete de redare ; *3* — amplificator ; *4* — doză de tăiere ; *5* — amplificator-detector ; *6* — mecanism de acționare.

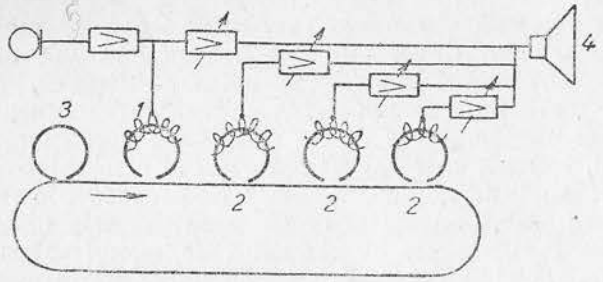


Fig. XI-5. Utilizarea magnetofonului pentru obținerea reverberației artificiale :
1 — cap de înregistrare ; *2* — capete de redare ; *3* — cap de ștergere ; *4* — difuzor.

șanțuri apare nu numai cu un șanț înainte de semnalul de amplitudine mare, ci se păstrează și cu un șanț după înregistrarea acestui semnal.

La diverse mașini de calculat electronice este necesar ca un aparat să „memoreze" operația executată, pînă ce se execută o altă operație. La unele mașini această întîrziere se face cu ajutorul unor circuite de întîrziere. Cu ajutorul unui magnetofon această operație se face mult mai ușor. Banda „acumulează" rezultatul operației înregistrate sub o formă oarecare și-l redă cu întîrzierea dorită pentru a se continua calculele.

O altă aplicație importantă a magnetofonului este reverberația artificială. În studiourile de radio, film sau televiziune se cere deseori modificarea timpului de reverberație ; aceasta se realizează cu ajutorul unor dispozitive care schimbă suprafețele absorbante sau cu camere speciale de reverberație. Defigur, sistemele acestea sînt costisitoare, greu de realizat și nu permit totdeauna variația reverberației în limite destul de largi.

Utilizînd magnetofonul se pot construi instalații de reverberație artificială ieftine și ușor transportabile. În fig. XI-5 este reprezentat un asemenea sistem. Semnalul este înregistrat pe o bandă în circuit închis și este redat prin trei capete de redare așezate la diferite distanțe de capul de înregistrare. La ieșirea dispozitivului, semnalele procesului înregistrat și semnalele redate de capete se „amestecă" ; întrucît acestea din urmă întîrzie față de primele, efectul obținut este asemănător unei reverberații realizată pe cale naturală.

Pentru a obține diverse efecte de reverberație, se poate regla amplitudinea fiecărui semnal redat de pe bandă.

Alegînd numărul de capete, poziția lor, caracteristica de frecvență și factorii de amplificare ai amplificatoarelor de redare, se poate varia în limite largi reverberația sunetului. La calculul numărului de capete necesar unei anumite reverberații, se ține seama de faptul că distanța dintre două capete de redare învecinate trebuie să dea o întîrziere de cel mult 0,1 s pentru ca urechea să nu distingă separat sunetele (ecou), ci să producă senzația de reverberație. Pentru a obține efecte de ecou artificial, capetele se așază la o distanță mai mare.

Dacă de exemplu se urmărește o reverberație de 3 s și dacă întîrzierea produsă de două capete vecine este de 0,05 s, avem nevoie de 60 capete de redare. Pentru a putea realiza constructiv o asemenea instalație, distanța între capete trebuie să fie de cel puțn 3 cm ; în acest caz viteza benzii va fi de cel puțin

$$v = \frac{1}{t} = \frac{3}{0{,}05} = 60 \text{ cm/s}.$$

De curînd s-a realizat o instalație care produce cu numai 19 capete de redare un timp de reverberație de 5 s. De la am-

plificatorul ultimului cap, printr-un atenuator variabil, se face o întoarcere a semnalului la intrarea amplificatorului de înregistrare ; astfel după întîrzierea de timp datorită celor 19 capete, semnalul, puternic atenuat, ajunge din nou pe bandă și întreaga serie de capete de redare devine din nou utiliza-

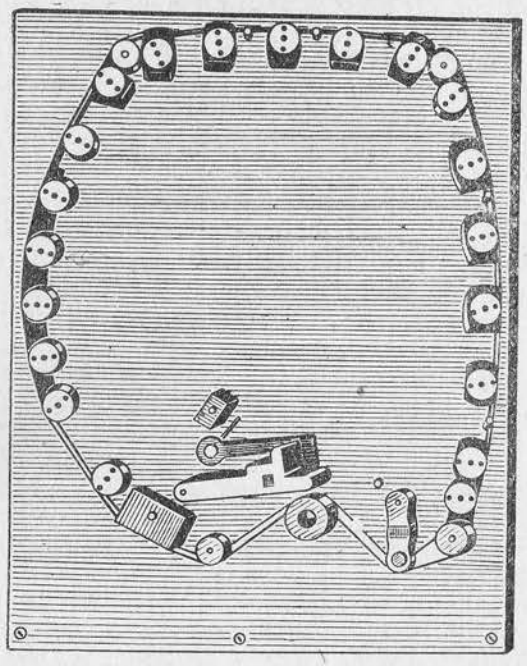


Fig. XI-6. Reverberație artificială realizată cu 19 capete de redare.

bilă. Procesul de atenuare durează pînă ce nivelul sunetului ajunge la valoarea zgomotului de fond al amplificatorului de înregistrare. Întoarcerea nu se poate face după primul cap de redare, deoarece poate produce o reacție destul de puternică pentru unele frecvențe. În fig. XI-6 se arată așezarea capetelor la sistemul descris.

Se poate obține un efect de reverberație și cu un magnetofon normal, dacă legăm ieșirea amplificatorului de redare cu intrarea amplificatorului de înregistrare, prin intermediul unui amplificator și a unui atenuator reglabil. Desigur, în modul

acesta nu se poate obține un efect natural, iar timpul de reverberație realizat nu poate fi mai mare ca 1—2 s pentru că există pericolul ca sistemul să intre în oscilație.

Putem obține un rezultat mai bun dacă legăm în paralel intrările și ieșirile a două magnetofoane cu viteze diferite. Viteza benzii unui magnetofon trebuie astfel aleasă încît să nu fie un multiplu întreg al vitezei benzii celuilalt magnetofon.

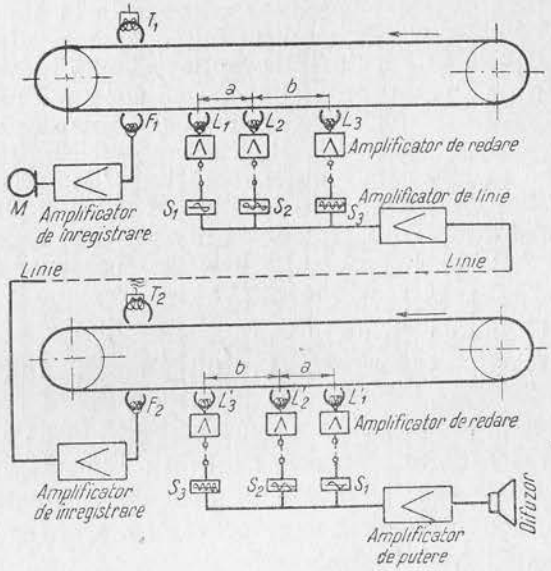


Fig. XI-7. Dispozitiv pentru asigurarea secretului unei transmisii.

Pentru asigurarea secretului în radiocomunicații se utilizează o altă aplicație a întîrzierii realizate cu un magnetofon care utilizează o bandă în circuit închis (fig. XI-7). Semnalele audio sînt înregistrate pe bandă prin intermediul amplificatorului și al capului de înregistrare și apoi redate de trei (sau mai multe) capete de redare. Fiecare cap de redare este legat cu cîte un filtru de bandă selectiv care lasă să treacă numai o anumită bandă de frecvență din semnalul redat de capul respectiv ; cele trei benzi de frecvență obținute, care sînt și întîrziate în mod diferit printr-o anumită dispoziție a capetelor de redare sînt „amestecate" într-un amplificator comun,

de unde sînt transmise pe linie (sau modulează o purtătoare de radiofrecvență). Este evident că rezultatul acestor operații este absolut neinteligibil, cu atît mai mult cu cît distanța dintre capetele de redare, numărul lor, cum și numărul filtrelor de bandă și dispoziția lor față de capete permit un număr foarte mare de variante. La locul recepției, componentele respective sînt amplificate, înregistrate și apoi redate cu aceeași întîrziere de timp ca la emisie ; semnalele de redare sînt aduse la filtre de bandă identice cu cele de la emisie și semnalele originale sînt din nou refăcute. Ambele dispozitive — cel de la emisie și cel de la recepție — sînt prevăzute și cu cîte un cap de ștergere, astfel că nu se consumă nici o bucată de bandă pentru întregul proces. Pentru a micșora și mai mult posibilitatea descifrării nedorite a textului se poate începe emisia cu o anumită dispoziție a capetelor de redare și a filtrelor, iar după un timp dat, se poate realiza o altă aranjare a acestor elemente. Este evident că în asemenea condiții, transmisia nu poate fi interceptată decît de corespondentul care cunoaște „cifrul" și care are instalația corespunzătoare.

2. UTILIZAREA MAGNETOFONULUI ÎN CINEMATOGRAFIE

Înregistrarea magnetică a sunetului și-a găsit o largă aplicație în cinematografia sonoră. Deși nu a înlocuit în acest domeniu înregistrarea luminoasă pe peliculă, magnetofonul este utilizat în mod frecvent ca un proces intermediar în tehnica cinematografiei sonore.

În timpul turnării unei scene, este foarte avantajos să se facă înregistrarea sunetului pe o bandă de magnetofon, căci în cazul reluării scenei se realizează o economie de material refăcînd înregistrarea pe aceeași bandă și ștergîndu-se cea precedentă ; de asemenea, utilizînd o bandă înregistrată cu mai multe trasee, se pot înregistra sunete care, provin de la microfoane situate în locuri diferite ale studioului. Combinînd apoi, la montaj, intensitățile diferitelor sunete astfel înregistrate, se pot obține cele mai diverse efecte sonore. După aceasta, se copiază definitiv rezultatul montajului pe peliculă, pe cale optică.

Pentru a avea o sincronizare perfectă între sunet și imagine s-au construit magnetofoane la care viteza de deplasare a benzii este de 45,6 cm/s egală cu cea a filmului (de exemplu magnetofoanele tip MZK-1, executate de studioul de filme

„Mosfilm", sau tip KZM-2, executat de fabrica KINAP — Leningrad).

O altă metodă de sincronizare constă în folosirea unei benzi magnetice perforate ca pelicula de film (fig. XI-8). Desi-

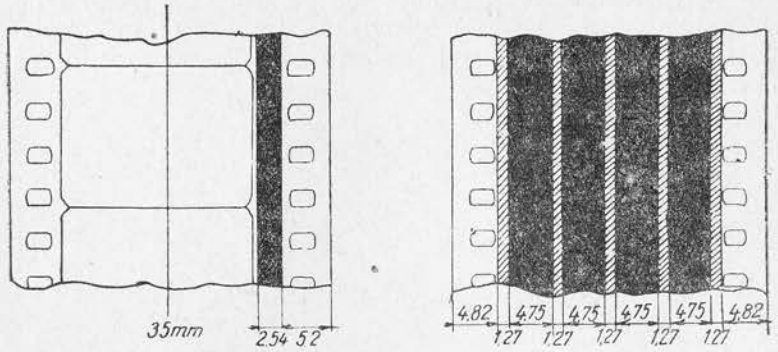


Fig. XI-8. Bandă magnetică perforată utilizată în cinematografie.

gur s-a adaptat în consecință și mecanismul de redare. De asemenea se poate lipi o bandă magnetică pe marginea peliculei de film ; în acest caz, banda trebuie să reziste la procesul chimic de developare, fără a suferi modificări.

3. APLICAȚIILE MAGNETOFONULUI ÎN TELEGRAFIE ȘI ÎN TELEFONIE

Cu ajutorul magnetofonului putem realiza pe un circuit o transmisie telegrafică mult mai rapidă decît cea obișnuită. Astfel, semnalele telegrafice ce urmează a fi transmise, se înregistrează cu viteză normală pe o bandă de magnetofon, apoi același text este redat la transmisie cu viteza mult mai mare. La locul recepției, mesajul este înregistrat pe o bandă magnetică cu aceeași viteză mare și apoi redat cu viteză normală. Redarea cu viteză mare se poate face chiar în timpul rebobinării benzii, după înregistrare, cînd viteza acesteia este, după cum se știe, de circa 10 ori mai mare decît viteza normală (fig. XI-9). Prin acest sistem se asigură, pe lîngă o viteză mărită a transmisiei și secretul acesteia, întrucît textul devine indescifrabil pentru cei care nu dispun de aparatura necesară. Dezavantajul sistemului descris constă în faptul

că banda de frecvenţe transmise creşte proporţional cu viteza benzii. De exemplu frecvenţele cuprinse între 300 şi 3 000 Hz, la o creştere de 10 ori a vitezei, devin 3 000—30 000 Hz, fiind necesară o instalaţie specială capabilă să transmită o astfel de bandă de frecvenţe. Este de asemenea evident că şi amplificatoarele magnetofoanelor utilizate trebuie construite pentru o bandă mai largă de frecvenţe;. în sfîrşit şi oscilatorul utilizat pentru polarizare trebuie să aibă o frec-

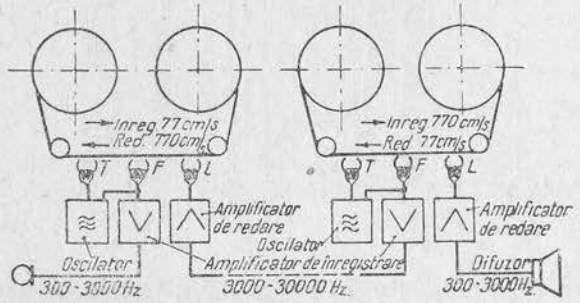


Fig. XI-9. Transmisie rapidă cu ajutorul magnetofonului.

venţă mult mai mare, întrucît frecvenţa obişnuită de 60-70 kHz cade în banda transmisă ceea ce ar avea ca efect, că la redarea cu viteza normală, s-ar auzi un fluierat cu frecvenţa de 6—7 kHz; în plus, ar apărea distorsiuni importante, întrucît polarizarea nu şi-ar mai putea îndeplini rolul. Uneori se poate folosi şi o transmisie încetinită a unui text cu scopul de a îngusta banda de frecvenţe transmisă şi a micşora astfel nivelul perturbator.

Înregistrarea magnetică se mai foloseşte şi în telefonie la aparatul numit „ipsofon". Acest dispozitiv, adaptat la un aparat telefonic obişnuit înregistrează un text ce i se dictează atunci cînd abonatul chemat nu este acasă ; după primirea apelului telefonic, un mecanism automat, prevăzut cu o bandă în circuit închis, transmite pe un fir un text convenţional, de exemplu : „persoana chemată nu este acasă, dictaţi comunicarea ce doriţi a-i transmite", după care aparatul trece în mod automat la înregistrare, pe o bandă obişnuită. Abonatul întors acasă, va putea asculta comunicarea (v. fig. XI-10) dacă va rosti cifrul respectiv.

Spre a se evita punerile în funcţiune false şi abuzurile, se prevede următoarea automatizare : după redarea propunerii

de înregistrare, ipsofonul transmite pe linie o serie de semnale, după care se decuplează. Pentru ca dispozitivul să con-

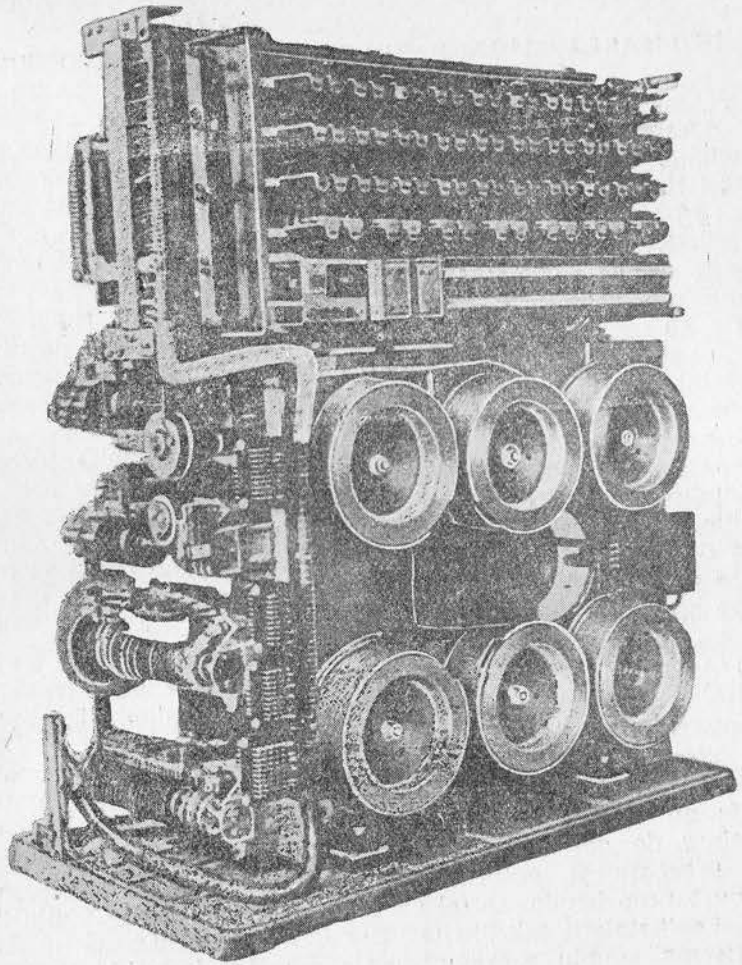


Fig. XI-10. Ipsofonul.

tinue să funcţioneze şi să înregistreze comunicarea transmisă, abonatul cu care este conectat trebuie să pronunţe un cuvînt anumit în pauza dintre semnale, acţionînd prin aceasta

asupra unui releu special. Ordinea numerică a acestor semnale constituie cifrul ipsofonului respectiv, care se comunică corespondenților.

4. UTILIZAREA MAGNETOFONULUI PENTRU INREGISTRAREA UNOR PROCESE INTERMITENTE

Deseori, se ivește necesitatea de a înregistra un grup de semnale, care se succed intermitent pentru a avea în același timp și posibilitatea de a le controla ulterior (de exemplu : în navigația aeriană, în circulația feroviară etc.).

În locul transmițătoarelor Morse, se poate utiliza în asemenea cazuri magnetofonul, astfel încît comunicările pot fi controlate retroactiv, pe o perioadă mai mare de timp. Pentru a nu uza în mod inutil aparatele, aceste sisteme de obicei sînt puse în funcțiune automat, chiar de semnalul ce urmează a se înregistra. La un astfel de dispozitiv, utilizat în navigația aeriană, viteza de deplasare a benzii este de 6,35 cm/s și se utilizează o bandă de 25 mm lățime, care permite înregistrarea simultană a 14 convorbiri efectuate prin radio, în banda de audiofrecvență de 50—3 500 Hz (Pentru a micșora perturbațiile, frecvențele mai mari de 3 500 Hz, sînt tăiate). În afară de convorbiri, se înregistrează și semnale orare primite de la serviciul poștal, cum și un semnal, a cărui lipsă avertizează apariția unui deranjament.

Pe un rulou de bandă se poate înregistra un text de 6 ore ; însă dat fiind că pe un cadru comun sînt grupate trei dispozitive, a căror succesiune automată este asigurată, se pot înregistra convorbiri cu o durată totală de 18 ore.

Mișcarea rolei-presoare este comandată de semnalul audio, astfel că în lipsa convorbirilor ea nu este acționată, deci banda nu este antrenată. La începerea convorbirii, un releu cu timp de acționare foarte scurt, acționează instantaneu rola presoare și motorul care se rotește deja, accelerează în scurt timp banda, astfel că practic, nu se pierde nimic din text. La instalații folosite la căile ferate se utilizează un dispozitiv mai simplu, prevăzut cu sîrmă în loc de bandă. Pe lîngă fiecare aparat telefonic se montează cîte un dispozitiv, care înregistrează numai o singură convorbire. Dimensiunile aparatului din fig. XI-11, sînt 31,5 X 25,5 X 28 cm.

În aparat se montează o casetă cu două bobine ; pentru fiecare bobină se prevăd două mosoare, unul debitor și unul colector. Pe una din bobine înregistrarea se face de exemplu de

la dreapta la stînga ; cînd aceasta s-a terminat, se schimbă automat sensul de rotație al mosoarelor, înregistrarea se efectuează de la stînga la dreapta pe cealaltă bobină în timp ce prima se rebobinează. Apoi se schimbă din nou sensul de deplasare a sîrmei, prima bobină ștergîndu-se automat și permițînd o nouă înregistrare în timp ce a doua se rebobinează. Cum pe sîrma care se găsește într-o casetă se poate înregistra în total un text de 6 ore, convorbirile pot fi controlate cu 6 ore în urmă. Dacă o defecțiune în circulație cere să se redea comunicările telefonice, caseta se scoate din aparat și se înlocuiește cu una nouă, redarea făcîndu-se pe instalațiile organelor respective de control. Pentru a asigura o funcționare neîntreruptă, alimentarea se face de la o baterie de 24 V (polarizarea și ștergerea făcîndu-se cu curent continuu). Circuitul motorului care antrenează sîrma este închis chiar de furca aparatului telefonic, astfel că dispozitivul funcționează numai în timpul convorbirilor.

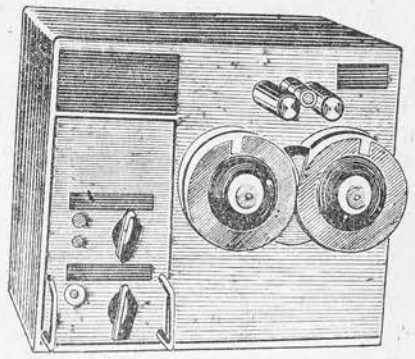


Fig. XI-11. Aparat pentru controlul convorbirilor utilizat în circulația feroviară.

5. DICTAFOANE

Datorită avantajelor sale, înregistrarea magnetică este deosebit de indicată pentru a fi folosită în aparate speciale de înregistrare a vorbirii, numite dictafoane. Dictafonul permite să se obțină înregistrarea rapidă a vorbirii, fără a recurge la stenografie. Ascultind fragmente din înregistrarea sonoră făcută cu ajutorul dictafonului, acestea se pot transcrie cu mîna sau cu mașina de scris.

Trebuie menționat totuși un inconvenient al dictafoanelor și anume faptul că pentru ascultarea unei anumite părți din text este necesară rebobinarea benzii și căutarea locului res-

pectiv. Pentru remedierea parțială a acestui inconvenient, unele aparate sînt prevăzute cu un dispozitiv care indică în fiecare moment lungimea benzii de pe miezul debitor sau cu un dispozitiv de cronometrare a timpului de înregistrare.

6. UTILIZAREA INREGISTRARII MAGNETICE IN TEHNICA MĂSURARILOR

a) Cronoscopul

Înregistrarea magnetică poate fi utilizată pentru măsurarea unor intervale de timp foarte scurte (milisecunde) cu ajutorul unui aparat numit cronoscop (fig. XI-12).

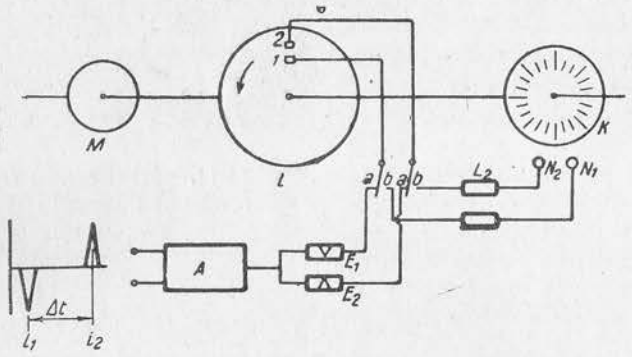


Fig. XI-12. Cronoscopul.

Un disc L acoperit cu material magnetic se rotește cu viteză constantă; pe acest disc se înregistrează două impulsuri, care marchează începutul și sfîrșitul intervalului de timp ce trebuie măsurat (i_1 și i_2 din figură). Impulsurile sînt în prealabil amplificate de amplificatorul A și apoi separate de redresoarele E_1 și E_2, care lasă să treacă numai impulsul negativ respectiv pozitiv, spre capetele de înregistrare corespunzătoare (*1* pentru impulsul negativ și *2* pentru cel pozitiv). Capetele de înregistrare devin capete de redare în poziția b a comutatorului din figură. Discul magnetic este rotit de un motor sincron M cu 1 500 rot/min (50 Hz) ; un disc K gradat stroboscopic este de asemenea fixat pe axul motorului și se rotește împreună cu discul L. Sistemul funcționează pe baza principiului stroboscopic și anume : impulsurile redate de capetele magnetice *1* și *2* sînt trimise prin intermediul comutatorului $a\ b$ spre amplificatoarele de redare L_1 și L_2 și apoi spre becurile cu neon N_1 și N_2. Scara discului K fiind luminată de becuri de două ori în timpul unei ro-

tații (o dată de semnalul de început și o dată de cel de sfîrșit) se văd două diviziuni fixe suprapuse și decalate proporțional cu intervalul de timp măsurat. Pentru a se citi mai exact gradațiile, scara este citită prin intermediul unei lunete. Cel mai scurt interval ce se poate măsura este de circa 1 ms ; eroarea totală este mai mică decît $\pm$ 15 μs.

b) Studierea fenomenelor tranzitorii

În multe ramuri ale tehnicii este necesar să se măsoare fenomenele electrice tranzitorii care apar în cazul unor comutări sau în cazul aplicării unor impulsuri. Aceste fenomene se petrec de obicei instantaneu și din această cauză pot fi greu „reperate" și măsurate cu mijloace obișnuite (ca oscilograful catodic, de exemplu). În aceste cazuri utilizarea magnetofonului este comodă și permite ca fenomenul, o dată înregistrat, să fie redat ulterior și studiat ori de cîte ori este nevoie.

Metodele fotografice uzuale cer o îndemînare și o grijă deosebită ; pentru economisirea materialului fotosensibil, se prevăd automatizări complicate, care asigură declanșarea fotografierii chiar de către semnalul tranzitoriu urmărit. Procedeul de înregistrare magnetică este mult mai simplu, aparatul se poate pune în funcție înainte de apariția fenomenului studiat, iar același purtător poate fi utilizat pentru un număr mare de încercări. Dezavantajul principal al metodei constă în faptul că tensiunea debitată de capul de redare depinde de variația fluxului superficial al benzii ; semnalul redat nu conține deci componenta continuă, iar amplitudinea componentelor alternative depinde de frecvență. Un dispozitiv, care permite eliminarea neajunsurilor amintite, este reprezentat în fig. XI-13.

Folosirea unei frecvențe purtătoare modulate de fenomenul tranzitoriu permite măsurarea componentelor continue ale fenomenului tranzitoriu, și elimină eroarea, care provine din redarea neuniformă a semnalelor de diferite frecvențe. În adevăr, frecvența centrală purtătoare f_0 corespunde absenței oricărui semnal și este eliminată de discriminator ; un semnal continuu produce însă o deviație de frecvență $\triangle f$ proporțională cu valoarea semnalului, iar frecvența constantă rezultantă $f_0 + \triangle f$, nu este eliminată de discriminator, ci este transformată într-un semnal continuu ; pe de altă parte, gradul de modulație $\frac{\triangle f}{f_0}$ se poate alege suficient de mic, astfel încît banda de frecvențe care intră în joc ($2 \triangle f$) să fie destul de îngustă pentru a

putea neglija neuniformitatea redării magnetice datorită legii inducției.

La dispozitivul din fig. XI-13, semnalul modulează purtătoarea cu ajutorul modulatorului *(1)*; semnalul rezultant se în-

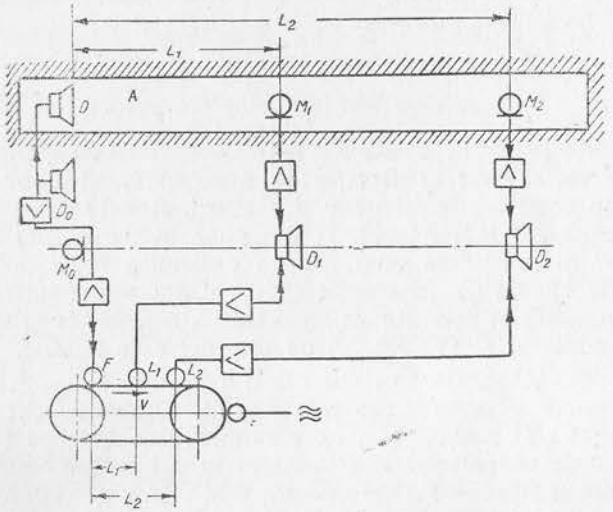


Fig. XI-13. Utilizarea înregistrării magnetice la studierea fenomenelor tranzitorii.

registrează pe o buclă de bandă fără sfîrșit *(4)*, cu ajutorul capului de înregistrare *(3)*. Fenomenul studiat trebuie să aibă, bineînțeles o durată mai mică decît durata derulării buclei. Pentru a asigura buna funcționare a dispozitivului (adică pentru a evita pierderea începutului semnalului sau ștergerea sfîrșitului semnalului), banda se învîrtește tot timpul, iar capetele de înregistrare și redare se deconectează automat la sfîrșitul semnalului; acest lucru se realizează cu ajutorul declanșatorului electronic *(2)* care este acționat la o anumită amplitudine a semnalului; constanta de timp este astfel reglată, încît declanșatorul „așteaptă", după acționare, un timp fix, ceva mai scurt decît durata buclei, apoi întrerupe circuitele capetelor de ștergere și redare.

Semnalul înregistrat poate fi redat cu ajutorul capului de redare *(5)* și aplicat, după amplificare și demodulare *(6)* pe ecranul unui osciloscop (7). Dacă baza de timp a acestuia din urmă este sincronizată cu frecvența de repetiție a redării fenomenului, pe ecran apare o imagine staționară. Pentru studiul

fenomenelor de frecvență redusă, se aleg ecrane cu persistență (inerție luminoasă) mare.

Cu ajutorul magnetofonului se pot înregistra astfel vibrațiile mecanice ale unor obiecte în mișcare (motoare, avioane, automobile) sau diferite indicații asupra stării unui bolnav (pulsul, respirația) etc. *)

În ultimul caz, în afară de studiul medical propriu-zis, înregistrarea poate fi folosită și în scopuri didactice.

7. UTILIZAREA MAGNETOFONULUI ÎN AUTOMATIZARI

În tehnică se utilizează din ce în ce mai mult comanda automată a unor operații mecanice, fie cu ajutorul unor benzi de hîrtie găurite care comandă închiderea sau deschiderea circuitelor unor relee, fie mai des, prin dispozitive electronice. În cazul

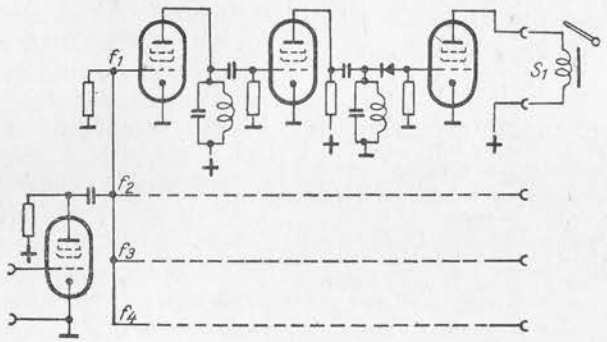


Fig. XI-14. Amplificator de redare cu mai multe canale selective, utilizat la dispozitivul din fig. XI-15.

unor mașini-unelte, de pildă, care funcționează automat, se prevede un dispozitiv care urmărește conturul unei piese ce urmează a fi „copiată"; impulsurile produse de dispozitivul care „pipăie" piesa sînt amplificate și înregistrate, de obicei, pe film; ele sînt apoi citite cu o celulă fotoelectrică și trimise să comande operațiile necesare. Și aici, înregistrarea magnetică dă rezolvarea cea mai comodă. În general, fiecărui gen de operație îi corespunde o anumită frecvență, iar durata semnalului de comandă determină durata operației mecanice corespunză-

*) Se înțelege că este necesar ca, pentru înregistrare, aceste fenomene să fie în prealabil transformate în oscilații electrice cu ajutorul unor traductoare speciale.

toare. De exemplu, pentru executarea mai multor găuri într-o bară metalică, un semnal de frecvență f_1 poate comanda rotirea burghiului, iar altul de frecvență f_2 determină deplasarea barei pe o durată t_2 corespunzătoare distanței dintre găuri. Pe o bandă magnetică se înregistrează în prealabil semnale cu frecvență și durată diferită, conform operațiilor care urmează să fie executate. La redarea benzii, diferitele impulsuri sînt amplificate de un amplificator cu mai multe canale acordate pe frecvențe diferite (fig. XI-14). Înainte de ultimul tub, semnalul este redresat ; la apariția semnalului potențialul grilei de comandă a tubului final crește, astfel încît curentul anodic crește și electromagnetul conectat în circuitul anodic este atras. Selectivitatea diferitelor canale este astfel aleasă, încît la semnale de frecvență diferită de frecvența de acord, curentul anodic nu atinge valoarea necesară pentru a acționa electromagnetul.

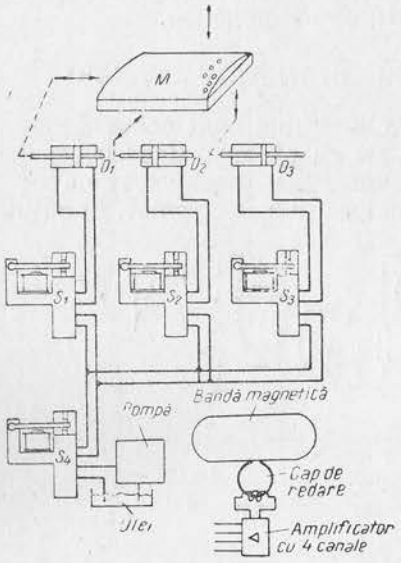


Fig. XI-15. Dispozitiv pentru găurirea unei piese, folosind înregistrarea magnetică.

Electromagnetul acționează la rîndul lui o mică supapă care deschide conductele de ulei în legătură cu niște cilindri ; pistoanele acestora din urmă comandă avansul saniei care conține unealta respectivă (în cazul nostru, un burghiu).

Sensul avansului este reglabil cu ajutorul unei supape separate care comandă funcția de aspirație sau refulare a conductelor de ulei. În fig. XI-15 este arătat un exemplu pentru cele de mai sus. Pe piesa curbă *M*, trebuie să se execute mai multe găuri ; comenzile trebuie astfel făcute încît piesa sau burghiul să se poată deplasa în trei direcții și să-și poată schimba și sensul. Pentru aceasta sînt necesare pistoanele D_1, D_2, D_3 și supapele S_1, S_2, S_3 — care acționează pistoanele.

Pentru modificarea sensului deplasării pe o direcție dată,

este nevoie de o a patra supapă, S_4. Pe banda magnetică se înregistrează patru impulsuri de frecvențe diferite, care comandă cele patru supape. Fig. XI-16 reprezintă impulsurile de comandă necesare pentru executarea celor patru găuri, indicate în aceeași figură. Să presupunem că executarea găurii nr. *1* s-a terminat ; acum e necesar un avans corespunzător pentru deplasarea *1-2*. Pentru ca supapa S_1 să pună în funcțiune avansul longitudinal, pe bandă trebuie să se înregistreze un semnal de frecvență f_1, a cărui durată să corespundă cu deplasarea *1—2*.

Urmează executarea găurii ; apoi un nou semnal cu frecvența f_1, va acționa suportul pentru a produce deplasarea *2-a*. Datorită curburii piesei, este necesară o deplasare verticală *a-b* ; aceasta se obține cu supapa S_3 comandată de impulsul f_3. Deplasarea transversală *b-3* a suportului se realizează prin intermediul supapei *2*, comandată de semnalul f_2. După executarea găurii *3*, prin utilizarea simultană a semnalelor f_1 (mișcare longitudinală) și f_4 (schimbare de sens) se obține o deplasare longitudinală *3-4* de sens contrar cu cea inițială (*1-2*).

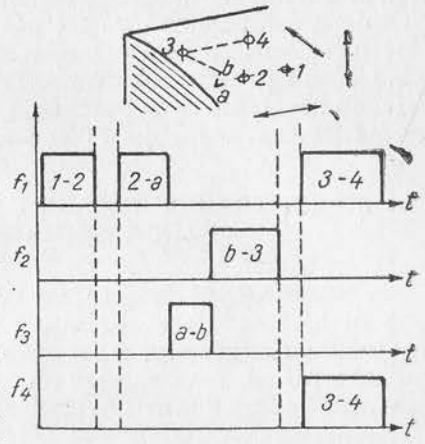


Fig. XI-16. Diagrama de funcționare a dispozitivului, din fig. XI-15.

Durata semnalelor de pe bandă depinde de raportul dintre viteza suportului și viteza benzii. Astfel, în cazul unei viteze a suportului de 0,2 mm/s și a unei viteze a benzii de 20 cm/s acest raport este de 1 : 1 000, adică unui avans de 1 mm îi corespunde pe bandă un impuls de 1 m lungime. Dacă deplasarea maximă a suportului pe orizontală este de 300 mm, pentru comanda completă este nevoie de 300 m de bandă ; în realitate este necesară o cantitate mai mare, întrucît trebuie să se asigure timpul necesar pentru deplasarea transversală și verticală. Raportul de mai sus este important și din punct de vedere al preciziei care se poate obține. Dacă întrefierul capului de redare este de 10 μ, în mod teoretic se poate realiza o precizie de executare a operației de un ordin de mărime mai mare (adică de 1 μ).

Din cauza raportului mare de viteze, precizia cu care se înregistrează semnalele pe bandă nu trebuie să fie prea mare (0,1-0,2 mm). O metodă comodă este așezarea unor semne pe bandă în dreptul începutului, respectiv — sfîrșitului impulsului. Generatorul de ton este pus în funcțiune la unul din semne, iar după trecerea lungimii de bandă necesare, generatorul se întrerupe. Se pot executa corecții ulterior, prin ștergerea parțială a semnalului înregistrat. Întrucît distorsiunea de neliniaritate a semnalelor înregistrate nu are importanță, se utilizează înregistrarea fără polarizare. Pentru a avea o viteză uniformă a benzii, motorul care antrenează banda este alimentat cu tensiune stabilizată. Frecvența semnalelor înregistrate trebuie să fie mai mare de 1 000 Hz.

8. ÎNREGISTRAREA EMISIUNILOR DE TELEVIZIUNE PE BANDA DE MAGNETOFON*)

În televiziunea modernă, un rol din ce în ce mai important încep să-l capete înregistrările emisiunilor de televiziune. Pe lîngă metoda cunoscută a fotografierii imaginilor pe o peliculă cinematografică, s-a experimentat în ultimul timp utilizarea înregistrării magnetice a imaginilor.

Greutatea principală care a stat în calea rezolvării acestei probleme a constituit-o faptul că magnetofoanele obișnuite utilizînd o viteză de deplasare a benzii de 76,2 cm/s sînt capabile să redea o bandă limitată de frecvențe audio, cuprinsă între 30 și 20 000 Hz în timp ce, semnalele imaginilor ocupă un spectru cuprins între 25 Hz și 6,5 MHz. Astfel, pentru a se înregistra pe un magnetofon normal imagini de televiziune, banda de frecvențe ar trebui lărgită de circa 300 ori. Realizarea acestei lărgiri s-a lovit de următoarele piedici :

— capetele obișnuite de înregistrare și redare nu pot fi utilizate pentru înregistrarea semnalelor de televiziune, întrucît au un întrefier prea mare și prezintă pierderi mari în miezul magnetic, pierderi care cresc cu creșterea frecvenței ;

— impedanța înfășurării capetelor de înregistrare crește cu frecvența, ceea ce pe de o parte duce la necesitatea de a mări factorul de amplificare al amplificatorului de înregistrare, iar pe de altă parte creează dificultăți la adaptarea etajului final cu capul respectiv ;

*) După articolul „Zapis televizionoi peredacii" de N. Telnov. „Radio" — Nr. 11—1954.

2.41-52

— efectul de autodemagnetizare a benzilor utilizate ca purtătoare de videosemnale trebuie să aibă o valoare redusă, pentru a putea înregistra un număr foarte mare de oscilații pe unitatea de lungime ; totuși nici cu cele mai bune tipuri de benzi nu s-a putut reduce viteza benzii sub 10 m/s ;

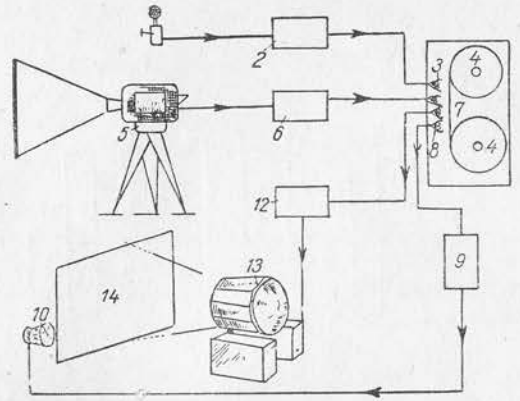


Fig. XI-17. Înregistrarea imaginilor de televiziune pe cale magnetică, cu viteză mare a benzii:
1 — microfon ; *2* — amplificatorul semnalelor audio ; *3* — cap pentru înregistrarea semnalelor audio ; *4* — bandă ; *5* — dispozitiv de luat vederi ; *6* — amplificatorul semnalelor video ; *7* — cap pentru înregistrarea semnalelor video ; *8* — cap pentru redarea semnalelor audio ; *9* — amplificatorul semnalelor audio ; *10* — instalația de difuzoare ; *11* — cap pentru redarea semnalelor video ; *12* — amplificatorul semnalelor video ; *13* — proiector pentru televiziune ; *14* — ecran.

— viteza mare a benzii îngreunează asigurarea unei uniformități în deplasarea ei, uniformitate care de altfel trebuie să fie mai mare decît în cazul înregistrării sunetului.

Se utilizează în prezent două metode experimentale deosebite pentru înregistrarea videosemnalelor.

Prima metodă constă în înregistrarea întregii benzi de frecvențe (de la 25 Hz la 4-5 MHz) pe un singur traseu al benzii cu o viteză de deplasare mare. Viteza de deplasare a benzii magnetice poate fi redusă prin utilizarea înregistrării în linii *),

*) Vezi articolul „Inregistrarea magnetică în linii" de Korolikov — „Radio" Nr. 8—1954.

care constă în înregistrarea unor linii transversale pe un singur traseu. În fig. XI-17 se arată schema bloc a acestui sistem de înregistrare, indicîndu-se drumul semnalului de televiziune de la dispozitivul de luat vederi pînă la proiectorul care redă imaginea. Semnalele audio pot fi înregistrate pe un traseu separat

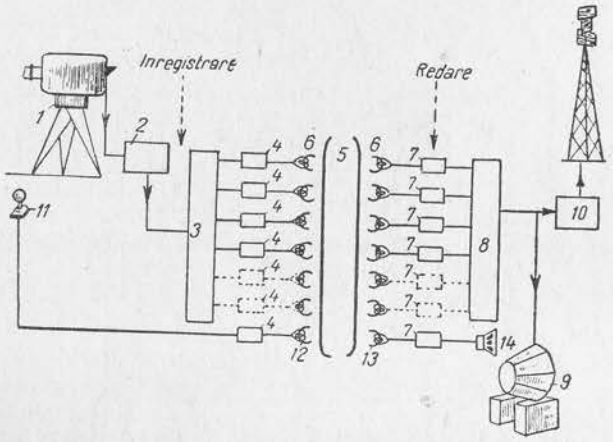


Fig. XI-18. Înregistrarea imaginilor de televiziune pe cale magnetică prin divizarea spectrului :
1 — dispozitiv de luat vederi ; *2* — amplificarea semnalelor video ; *3* — dispozitiv pentru divizarea spectrului semnalelor de televiziune ; *4* — amplificatoare de înregistrare ; *5* — bandă ; *6* — capete magnetice ; *7* — amplificatoare de redare ; *8* — dispozitiv pentru recompunerea semnalelor video ; *9* — proiector de televiziune ; *10* — emițător ; *11* — microfon ; *12* — cap pentru înregistrarea semnalelor audio ; *13* — cap pentru redarea semnalelor audio ; *14* — instalație de difuzoare.

al benzii sau pe o bandă separată, cu un magnetofon sincronizat cu cel cu care se înregistrează imaginile. La redare, semnalele sînt amplificate și apoi pot fi utilizate fie pentru reconstituirea imaginii la fața locului, fie pentru transmiterea lor în spațiu cu un emițător de televiziune.

În cazul înregistrării unor semnale care provin de la imagini colorate, se folosește o bandă magnetică mai lată, cu mai multe trasee paralele — cîte una pentru fiecare culoare fundamentală (roșu, verde și albastru), pentru impulsurile de sincronizare și pentru semnalele audio.

Metoda a doua constă în înregistrarea unui spectru de frecvențe înguste, ceea ce permite reducerea vitezei de deplasare a benzii. Spectrul poate fi îngustat de pildă, prin împărțirea lui în mai multe benzi de frecvență (8-10) și înregistrarea acestora pe trasee separate ale unei benzi magnetice. Schema bloc a înregistrării și redării prin metoda a doua este arătată în fig. XI-18. Semnalele obținute de la dispozitivul de luat vedere se aplică dispozitivului care împarte spectrul în mai multe benzi de frecvențe care apoi sînt înregistrate pe banda magnetică pe trasee paralele, cu ajutorul mai multor capete de înregistrare.

Viteza de deplasare a benzii atinge numai 2,5 m/s față de viteza de 10 m/s, necesară în cazul primei metode. În ambele cazuri, utilizîndu-se capete speciale de înregistrare și de redare, s-a reușit în instalații experimentale, înregistrarea unor semnale de televiziune pînă la frecvența de 4 MHz.

În momentul de față toate sistemele de înregistrare a imaginilor de televiziune se găsesc încă în stadiu experimental. Totuși, se poate afirma de pe acum că metoda de înregistrare magnetică este mai simplă decît fotografierea imaginii, datorită faptului că nu este necesar procesul complicat de prelucrare a peliculei ; în plus este posibilă redarea imediată a imaginii. Banda de magnetofon are de altfel și o caracteristică de frecvență mai liniară decît filmul și o dinamică mult mai largă, calități care favorizează lărgirea gamei de strălucire a imaginii redate, precum și fidelitatea gradației nuanțelor.

BIBLIOGRAFIE

1. **Burgov V. A.** — Osnovî zapisi i vosproizvedenia zvuka. Gosizdat „Iskustvo" — Moscova 1954
2. **Heckenast G., Zvdànszky K.** — Mágneses hangrögzité. Budapesta 1954
3. **Friş S. E. Timoreva A. V.** — Curs de Fizică Generală — Bucureşti 1951. TI.
4. **Bădărău E.** — Introducere în acustică — Bucureşti 1953.
5. — Manualul inginerului — TI. Bucureşti 1953.
6. **Kiss László** — Probleme artistice şi tehnice ale reglării volumului la transmisiile sonore (electroacustice). „Caiet selectiv de telecomunicaţii" Nr. 1, 1955.
7. **Jerebţov I. P.** — Radiotehnica pentru amatori — Bucureşti 1951.
8. **Muromţev** V. V. Instalaţii de amplificare şi electroacustică. E.E.S. Bucureşti 1955
9. **Begun S. J.** — Magnetic recording — Murray Hill Books Inc. New-York 1949.
10. **Zarva V. A.** — Fenomene magnetice. E.E.S. 1954.
11. **Urbanski B.** Zapisywanie i odczytywanie dzwieku w radiofonii. Varşovia 1953.
12. **Reichardt W.** — Grundlagen der Elektroakustik — Leipzig 1952.
13. **Schuh F., Mikhnewitch N.** — L'enregistrement magnétique — Editions Géad-Paris 1950.
14. **Furduev A. A.** — Înregistrarea şi reproducerea sunetului. Electroacustică — cap. IX. Moscova.
15. **Ubenik O.** — Zapis zvuka na magnitnoi plenke. Goskinoizdat, Moscova, 1951.
16. **Altrichter E.** Die nichtlinearen Verzerrungen beim Magnettonverfahren — „Nachrichten Technik", nr. 11, 1953.
17. **Tafel M. I.** — Efectul de copiere la înregistrările sonore pe bandă de magnetofon. Comunicare la Institutul Electrotehnic — Stuttgart.
18. **Braghinski V.** — Ceastotnîe iskajenia pri magnitnoi zapisi. „Radio" — nr. 10, 1951.
19. **Lennartz H.** — Magnettonköpfe und - Verstärker — „Funk-Technik" nr. 9, 1953.
21. **Feigs H.** — Ein neues Verfahren für die Magnetbandaufzeichnung „Funk-Technik" — nr. 5, 1953.
21. **Feigs H.** Ein neues Verfahren für die Magnetbandaufzeichnung „Funk-Technik" nr. 13, 1952.
22. **Iarczyk F. C.** — Dar gegenwärtige Stand der Magnettonband-Technik „Funk-Technik" nr. 17, 1953.
23. **Seiberth H.** — 20 Jahre Magnetophonband. „Funk-Technik" nr. 8, 1954.
24. **Guckenburg W.** — Verzerrungen durch mechanische Störungen an Magnettonanlagen — „Funk und Ton" nr. 6-1954.
25. — Spravocinaia knijka radioliubitelia — Gosenergoizdat, Moscova, 1951.
26. **Vîsoţki M. Z.** — Tehnologhia zvukozapisi kinofilmov — Gosizdat „Iskustvo" — Moscova 1954.
27. **Ţichin G. S.** — Transformatoare de joasă frecvenţă. E.E.S. Bucureşti, 1953.
28. **Braghinski V.** — Gheneratorî dlea magnitofonov — „Radio" nr. 1, 1951.
29. **Strnad J.** — Elecktroakustika — volumul I — partea 2-a, Praga, 1951.
30. **Braghinski V.** — Klasifikaţia magnitofonov — „Radio" nr. 9. 1951.
31. **Demihovski L.** — Magnitofon-pristavka — „Radio" nr. 3, 1954.
32. — Tonbandgerät Revox — „Funkschau" nr. 23, 1953.
33. O.I.R. — Propuneri pentru normarea înregistrărilor magnetice.
34. **Richter H.** — Messungen an Heim-Magnettongeräten. „Funk-Technik", nr. 8 — 1954.
35. — — Kopfstrommessgerät für Magnettonköpfe — „Funkschau" nr. 5, 1954.
36. **Lennartz H.** — Das Kopieren von Magnettonbändern — „Funk- — Technik" nr. 5, 1954.
37. **Shaney A. C.** — Elements of single and dual track magnetic tape recording and 1001 applications — New-York, 1950.
38. **Telinov N.** — Zapis televizionnoi peredaci.
39. **Korolikov V.** — Întrebuinţarea înregistrării magnetice în economia naţională. „Caiet selectiv de telecomunicaţii" nr. 4, 1954.
40. **Krones F.** — Die magnetische Schallaufzeichnung — Viena, 1952.

TABLA DE MATERII

Pag.

Prefață 3

Introducere 5

Cap. I. **Noțiuni de acustică**

1. Proprietățile fizice și fiziologice ale sunetului . . . 10
   a) Mișcarea vibratorie 10
   b) Înălțimea sunetului 12
   c) Intensitatea sunetului 13
   d) Timbrul sunetului 17
2. Cîteva probleme de transmisie a sunetelor . . . 17
   a) Audiția stereofonică 17
   b) Respectarea nivelurilor originale 18
   c) Distorsiuni de frecvență 18
   d) Distorsiuni de neliniaritate 20
   e) Dinamica 21
   f) Calitățile acustice ale încăperilor 23

Cap. II. **Noțiuni de magnetism**

1. Magneți 24
2. Cîmpul magnetic 25
3. Curbe de magnetizare 28
4. Circuite magnetice 30
5. Pierderi magnetice 31
6. Materiale magnetice 32
7. Ecranarea magnetică 36

Cap. III. **Teoria înregistrării magnetice a sunetului**

1. Principii generale 39
2. Ștergerea 40

Pag.

3. Inregistrarea. Metode de magnetizare . . . 42
4. Inregistrarea fără polarizare 48
5. Înregistrare cu polarizare de curent continuu . . . 51
6. Înregistrare cu polarizare de înaltă frecvență . . . 52
7. Redarea 61
8. Distorsiuni și perturbații în procesul de înregistrare și redare magnetică 62
   a) Distorsiuni de frecvență 63
   b) Distorsiuni de neliniaritate 85
   c) Perturbații la înregistrarea magnetică . . . 91

Cap. IV. **Purtătoare de sunet**

1. Sîrme magnetice 97
2. Benzi magnetice 98
3. Proprietățile benzilor de magnetofon 99
   a) Sensibilitatea 100
   b) Caracteristica de frecvență 102
   c) Dinamica de repaus 106
   d) Dinamica de lucru 106
   e) Atenuarea distorsiunilor de neliniaritate . . . 106
   f) Atenuarea de ștergere 108
   g) Atenuarea de copiere 108
   h) Uniformitatea de sensibilitate 110
   i) Concluzii privind utilizarea benzilor . . . 110
4. Măsurarea proprietăților mecanice ale benzilor, lățimea și grosimea benzii 115
5. Păstrarea benzilor 116

Cap. V. **Capete de magnetofon**

1. Generalități 117
2. Capete de ștergere cu curent continuu 119
3. Capete de ștergere cu curent alternativ 120
4. Capete de înregistrare 122
5. Capete de redare 123
6. Cîteva tipuri particulare de capete 127

Cap. VI. **Mecanismele magnetofoanelor**

a) Motoarele de magnetofon 135
b) Mecanismele de antrenare a benzii cu viteză constantă 137

Pag.

c) Comutarea vitezei de antrenare a benzii . . 139
d) Mecanisme folosite pentru desfășurarea, înfășurarea și rebobinarea benzii 140
e) Mecanisme de oprire a sistemului de tracțiune a benzii 145
f) Mecanisme de comandă 145
g) Mecanisme auxiliare 146
h) Mecanismele magnetofonului cu sîrmă . . . 147
i) Variațiile vitezei de deplasare a benzii . . . 149

Cap. VII. **Echipamentul electronic al magnetofoanelor**

1. Amplificatorul de înregistrare 157
2. Amplificatorul de redare 174
3. Amplificatoare de înregistrare și de redare combinate Magnetofonul RMS-16 190
4. Generatoare de înaltă frecvență 199
5. Indicatoare de nivel 204

Cap. VIII. **Tipuri de magnetofoane realizate**

1. Clasificarea magnetofoanelor 206
2. Instalații fixe pentru studiouri de radiodifuziune: Magnetofonul RMS-16 207
3. Magnetofoane transportabile 222
4. Magnetofoane portabile 228
5. Magnetofoane adaptoare 230
6. Magnetofoane miniatură 242
7. Magnetofoane sincronizate 243

Cap. IX. **Măsurarea diverselor caracteristici ale magnetofoanelor și ale benzilor**

A. Măsurarea caracteristicilor magnetofoanelor

1. Introducere 245
2. Banda de referință 245
3. Reglarea poziției întrefierului 247
4. Măsurarea nivelului de ieșire și a tensiunii perturbatoare din canalul de redare 249
5. Ridicarea caracteristicii de frecvență a canalului de redare 250
6. Reglajul amplificării canalului de înregistrare . . 252

Pag.

7. Ridicarea caracteristicii de frecvență a canalului de înregistrare 252
8. Măsurarea curenților de audiofrecvență, de polarizare și de ștergere 252
9. Măsurarea dinamicii 254
10. Măsurarea distorsiunilor de neliniaritate . . . 254
11. Măsurarea variațiilor periodice ale vitezei de deplasare a benzii 256
12. Măsurarea și controlul vitezei medii de deplasare a benzii 260
13. Măsurarea inductanței înfășurărilor capetelor . . 261
14. Măsurarea impedanței de intrare și de ieșire a amplificatoarelor 262

B. Măsurarea benzilor

1. Măsurarea sensibilității 263
2. Măsurarea dinamicii de repaus și de lucru . . . 264
3. Măsurarea distorsiunilor de neliniaritate . . . 265
4. Măsurarea atenuării de ștergere 265
5. Măsurarea atenuării de copiere 265

Cap. X. **Exploatarea magnetofoanelor**

1. Folosirea magnetofonului pentru înregistrare, fonomontaj și copiere 268
2. Pregătirea benzilor 269
3. Operațiile de înregistrare și redare 271
4. Decuparea benzilor 273
5. Copierea benzilor 277
6. Întreținerea magnetofoanelor 280
   a) Verificarea traseului benzii 281
   b) Reglarea și verificarea presiunii rolei presoare . 282
   c) Reglarea și verificarea frînelor 282
   d) Verificarea finală a sistemului de antrenare a benzii 285
   e) Verificarea canalelor de redare și înregistrare . 286
   f) Întreținerea motoarelor 292

Pag.

Cap. XI. **Aplicaţiile înregistrării magnetice**

1. Magnetofoane cu banda în circuit închis . . . 293
2. Utilizarea magnetofonului în cinematografie . . 302
3. Aplicaţiile magnetofonului în telegrafie şi în telefonie . 303
4. Utilizarea magnetofonului pentru înregistrarea unor procese intermitente 306
5. Dictafoane 307
6. Utilizarea înregistrării magnetice în tehnica măsurărilor. 308

   a) Cronoscopul 308
   b) Studierea fenomenelor tranzitorii 309

7. Utilizarea magnetofonului în automatizări . . . 311
8. Înregistrarea emisiunilor de televiziune pe bandă de magnetofon. 314

Bibliografie 318

T. 2317

Recenzent: Ing. Necşulea A.
Control Ştiinţific: Ing. Szörenyi Gh.

Responsabil de carte: Ing. Voinea Marta
Tehnoredactor: Năstase Elena
Corector responsabil: Băluş Luiza

Dat la cules 10.08.56 Bun de tipar 31.10.56 Hîrtie cărţi şcolare de 65 g/m2 61×86/16 Coli editoriale 17,30 Coli de tipar 20,25 Comanda T 3220 A 03648 Indicele de clasificare pentru bibliotecile mari 681,84 Indicele de clasificare pentru bibliotecile mici 681

Tiparul executat la Întreprinderea Poligrafică „Apărarea Patriei" str. Izvor Nr. 137 Bucureşti R. P. R.